

발 간 등 록 번 호

11-1543000-000809-01

자생 관상용 춘계단명식물의 대량생산 및 상업화를 위한
재배 기술 개발

Commercialization by mass proliferation and high
quality production technique for ornamental spring
ephemerals native to Korea

서 울 대 학 교
한 택 식 물 원

농 립 축 산 식 품 부

전 체 목 차

I. 세부과제

몇 가지 관상용 춘계단명식물의 고품질 주년생산을 위한 재배 기술 개발 1

II. 제1협동과제

몇 가지 관상용 춘계단명식물의 급속 대량증식 기술 개발 123

제1세부연구기관
최종보고서

몇 가지 관상용 춘계단명식물의 고품질 주년생산을
위한 재배 기술 개발

서울대학교

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “자생 관상용 춘계단명식물의 대량생산 및 상업화를 위한 재배기술 개발” 과제(제1세부과제 “몇 가지 관상용 춘계단명식물의 고품질 주년생산을 위한 재배 기술 개발”)의 보고서로 제출합니다.

2015년 1월 26일

주관연구기관명 : 서울대학교
주관연구책임자 : 김 기 선
세부연구기관명 : 서울대학교
세부연구책임자 : 김 기 선
선 임 연 구 원 : 이 승 연
선 임 연 구 원 : 이 용 하
선 임 연 구 원 : 류 주 현
선 임 연 구 원 : 김 윤 진
연 구 원 : 박 수 진
연 구 원 : 김 신 영
연 구 원 : 안 성 광
연 구 원 : 이 효 범
연 구 원 : 홍 윤 영

요 약 문

I. 제 목 (제1세부과제)

몇 가지 관상용 춘계단명식물의 고품질 주년생산을 위한 재배 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

그간 자생식물의 개발과 관련하여 특정작물들에 연구가 집중되어 왔기에 연구가 상대적으로 미약했던 새로운 유망식물들의 개발이 필요하다. 특히 봄철에 일찍 개화하는 복수초, 얼레지, 처녀치마, 동강할미꽃, 한계령풀, 큰연영초, 바위미나리아재비, 왜미나리아재비 등의 관상용 춘계단명식물들(ornamental spring ephemerals)은 종자로 번식되지만, 그간 재료의 충분한 확보가 용이하지 않았고, 복잡한 종자휴면의 습성을 보여 실용적인 결과를 얻지 못한 경우가 많았다. 또한 과거에는 저온, GA(지베렐린) 처리 등을 통하여 휴면이 타파되는 종자들의 연구가 대다수였으나, 좀 더 복잡한 형태의 휴면을 갖는 종자들의 휴면생리에 관해선 국내에 보고된 사례가 거의 없고, 일부 기관들에서도 실용적인 연구결과를 얻지 못하였다. 뿐만 아니라, 관상용 춘계단명식물들의 상당수가 발아하는데 1년여의 긴 시간이 필요한 것으로 파악되나 우리나라 자생식물의 경우 객관적인 자료가 제시된바가 없고 새로운 접근방법이 상당히 필요하기 때문에 연구과제로서의 가치가 충분하며, 발아에서 개화주까지 약 4-5년 걸리는 춘계단명식물들의 재배기간 단축을 통한 고품질, 저에너지 재배기술을 통하여 농가의 식물생산비 절감에 기여해야한다. 특히, 희귀·멸종위기종 및 특산식물들의 축성·억제재배를 통한 주년생산기술을 농가에 보급하여 신소득 창출 및 신시장의 수요에 부응할 수 있도록 해야한다. 따라서 본 연구과제를 통하여 위 식물들의 효율적인 번식체계를 구축하고, 나아가 개화 및 품질조절을 통하여 고품질 생산시스템을 보급하고자 한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

구분 (연도)	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도 (2011)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 종자의 수집 및 평가 ○ 종자 휴면타파 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 종자 및 식물체의 수집 및 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 복수초, 매밭툭꽃, 금평의다리, 자주평의다리, 얼레지, 처녀치마, 동강할미꽃, 한계령풀, 연잎평의다리, 바위미나리아재비, 헬레보루스 (총 11종) - 추가 연구 종 : 숙은처녀치마, 왜미나리아재비 (총 2종) ○ 종자의 휴면타파 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 자연상태에서의 휴면타파 양상 조사 - 휴면타파 요구 온도 구명 - 휴면타파 및 발아촉진법 구명
2차년도 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구범위 확대 및 보완 ○ 개화조절을 통한 주년재배기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구범위 확대 및 보완 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 연구를 바탕으로 형태적휴면과 형태생리적 종자휴면의 차이를 비교 분석 - 식물호르몬에 의한 휴면타파 원리 구명 ○ 개화조절을 통한 주년재배기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 얼레지, 처녀치마 2종의 휴면타파 - 화아분화시기 구명 - 휴면타파시기 구명 - 자연, 인공저온처리를 통한 휴면타파와 저온요구도 구명
3차년도 (2013)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실험결과 보완 ○ 현장실증 ○ 연구결과의 데이터베이스화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실험결과 보완 ○ 현장실증 <ul style="list-style-type: none"> - 처녀치마, 얼레지의 개화주를 현장에서 시범 판매 ○ 데이터베이스화 - 매뉴얼 등

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발의 결과

가. 종자의 수집, 휴면성 및 기본특성

매자나무과의 한계령풀과 갯갯이풀, 미나리아재비과의 복수초, 매밭툭꽃, 동강할미꽃, 바위미나리아재비, 왜미나리아재비, 금평의다리, 자주평의다리, 연잎평의다리, 헬레보루스, 멜란티움과의 큰연영초, 처녀치마, 숙은처녀치마, 백합과의 얼레지 등 총 15종의 종자를 수집하여 기본특성과 휴면성을 조사하였다. 연구대상 15종의 100립중은 다양하게 나타났다. 백합과의 처녀치마와 숙은처녀치마가 14-19mg 정도로 가장 적었고, 반면에 미나리아재비과의 헬레보루스, 매자나무과의 한계령풀, 백합과의 얼레지의 100립중이 가장 높게 나타났다. 연구대상 15종은 개화시기에는 다소 차이가 있으나, 공통적으로 종자 내부의 배가 미성숙한 상태임을 확인 할 수 있

었다. 이러한 미숙배는 종자크기의 약 7-21% 정도 되는 것으로 판단되었다. 그러나 과에 따른 특별한 차이점은 없었다. 본 연구에서 매발톱꽃과 동강할미꽃은 미성숙 배를 가지고 있지만, 30일 내에 대부분의 종자가 발아하였기 때문에 형태적 휴면으로 분류할 수 있었다. 그러나 매자나무과의 깽깽이풀과 한계령풀, 미나리아재비과의 복수초, 바위미나리아재비, 왜미나리아재비, 연잎평의다리 및 헬레보루스는 4주내에 전혀 발아하지 않았다. 따라서 형태생리적 휴면으로 분류할 수 있었다. 멜란티움과의 큰연영초, 백합과의 얼레지도 전혀 발아하지 않아 형태생리적 휴면으로 분류할 수 있었다. 미나리아재비과의 평의다리 3종과 멜란티움과의 처너치마와 숙은처너치마의 경우 4주째 종자의 일부가 발아하였고, 배양기간이 8주까지 길어지면서 발아율이 다소 증가하는 경향을 보였다. 이는 같은 개체군 내에서도 종자휴면을 달리하여 생존하려는 야생식물의 전형적인 특징이라 할 수 있다. 결론적으로 한반도에 자생하는 많은 수의 야생 숙근초화류들의 종자가 모식물체에서 탈리되는 시점에 미숙배를 가지고 있는 것으로 판단되었다.

나. 종자의 휴면타파 기술 개발

매자나무과에 속하는 한계령풀의 종자는 채종시에 종자크기의 약 7% 정도 되는 미성숙배를 가지고 있었다. 자연상태에서 미숙배는 여름철의 고온기를 지나고 가을철에 접어들면서 급속히 신장하였고, 이후 11월에 발아하기 시작하였다. 그러나 유묘가 곧바로 출현하지 않았고 겨울철의 긴 저온기를 거치고 이듬해 봄에 출현하였다. 온도 조건별 실험에서는 15/6℃에 배양한 경우, 20주째 80%이상 발아하였다. 그러나 발아한 종자에서 유묘가 출현하지 않았고, 추가적인 저온처리를 한 경우에만 유묘가 출현하였다. 따라서 한계령풀의 종자는 deep simple epicotyl MPD(형태생리적휴면)로 분류하였다.

미나리아재비과의 연구대상 종들은 대부분 봄에 유묘를 출현시키는 전략을 보였지만, 서로 다른 메커니즘의 종자휴면 유형을 가지고 있었다. 매발톱꽃과 동강할미꽃의 종자는 25/15℃의 고온조건에서 발아가 촉진되었다. 20/10℃, 15/6℃에서는 발아율이 낮았는데 일주일 정도 고온층적처리한 후 배양하면 상대적 저온조건에서도 발아가 촉진되었다. 복수초의 경우, 여름철의 고온기를 지나고 가을철의 중온기가 되면서 배가 급속히 신장하였다. 배가 신장되면서 과피가 열개되었고, 그 상태를 유지하면서 겨울철의 저온기를 지나 휴면이 타파되었으며, GA처리로는 휴면을 타파시키지 못했다. 따라서 복수초 종자는 휴면을 타파시키기 위해, 고온에서 저온으로 이어지는 온도의 순차적 변화가 필수적이며, 이 결과들을 통하여 deep simple MPD로 분류하였다. 바위미나리아재비 종자는 저온에서 배가 신장하였고, 또한 저온처리를 통해 휴면이 타파되었다. 그러나 GA처리는 휴면을 타파시키지 못했다. 그러나 fluridone 20ppm단일처리, fluridone과 GA 100ppm 조합처리할 경우 발아율이 80%이상 높아졌다. 따라서 deep complex MPD로 분류하였다. 반면, 왜미나리아재비의 경우, 여름철의 고온에서 가을철의 저온으로 가면서 배가 신장하였고, 곧바로 발아하였다. 그러나 유묘출현이 지연되었고, 겨울철의 긴 저온기를 지나고 이듬해 봄에 유묘가 출현하였다. 가을철에 발아된 종자를 실험실 내로 가져와 배양하였을 때, 유근은 지속적으로 신장하였으나, 떡잎이 종자의 외부로 출현하지 않았다. 이는 발아된 이후에도 추가적인 저온을 필요로 하는 배축휴면의 일종으로 deep simple epicotyl MPD로 분류할 수 있었다. 평의다리 3종의 경우, 미숙배가 저온에서 발달하였으나, 저온처리 이후에 고온

으로 이동할 경우, 배발달이 촉진되어 휴면이 타파되었다. GA처리는 휴면을 효과적으로 타파시켰다. 따라서 non-deep simple MPD로 분류할 수 있었다. 헬레보루스 종자는 매자나무과의 한계령풀과 비슷한 결과를 보여주었다. 다만 GA 1000ppm 처리 후 15/6℃에 배양한 경우 12주째 80% 이상 발아되었다. 휴면유형은 deep simple epicotyl MPD로 분류하였다.

멜란티움과의 처녀치마와 숙은처녀치마 두 종의 경우에도 종자가 미숙배를 갖는다는 것을 확인하였다. 온도와 광조건에 따른 영향에서, 두 종 모두 온도가 5℃에서 30/20℃까지 높아질수록 발아율이 증가하였다. 25/15℃ 암조건에서는 전혀 발아하지 않았다. 이를 통하여 두 종이 암발아 종자임을 알 수 있었다. 처녀치마 종자는 GA 10, 100ppm에 처리한 후에 25℃ 항온조건에 배양하면 80% 이상 발아되었다. 처녀치마 두 종 모두 고온조건에서 배발달이 촉진되었고, 이어서 발아가 진행되었다. 따라서 고온층적처리가 휴면타파에 필수적임을 알 수 있고, GA처리를 통해 어느 정도 휴면이 타파된다는 결과를 통해 종자가 non-deep simple MPD의 휴면유형을 보인다고 결론지을 수 있었다. 실용적인 측면에서 번식을 할 때, 종자가 미세종자이며, 광발아종자였던 점을 감안하여 피복되지 않도록 주의해야 한다는 점을 알 수 있었다.

본 연구에서는 이러한 형태적 또는 형태생리적 휴면이 자연상태에서 어떻게 조절되는지 알아보고자, 종자의 내생호르몬을 분석하였다. 미숙배를 갖는 종자였지만 발아와 유묘출현이 30일 이내에 완료되었던 매발톱꽃의 경우, 종자가 자연상태에 과종된 이후, ABA함량과 민감도가 급속히 감소하였고, 반면에 GA함량은 급속히 증가하였다. 그러나 배발달과 발아가 자연상태에서 상당히 지연되었던 복수초의 경우는, 여름철의 고온조건이 ABA 함량을 감소시켰고 이어지는 가을철의 중온이 GA 함량을 증가시켰다. 배발달이 완성된 이후 ABA 함량은 다시 증가하였고 GA 함량은 감소했는데, 겨울철의 저온조건이 ABA함량을 낮추고, GA 함량을 높이는 데 중요한 역할을 하였다. GA₄가 주요하게 작용하였다.

다. 개화조절을 통한 주년재배기술 개발

얼레지의 경우, 6월경 즉, 지상부의 잎이 휴면에 들어가는 시기에 이미 지하부 구근 내부에는 화아 분화가 유도되고 있었다. 6월 28일에는 꽃잎, 수술 및 암술이 유도되기 시작하였다. 7월 말이 되면서 각 기관의 형태가 뚜렷해지기 시작하였다. 8월이 되면서 화아가 급속히 신장하였고 12월 까지 지속적으로 신장하였다. 10월경에는 각 기관의 색깔이 변하기 시작하여 붉은색을 띄기 시작하였고, 모양이 뚜렷하게 발달하였다. 입실시기에 따른 휴면타파 양상을 조사한 결과, 9월 28일부터 12월 28일까지 입실한 경우, 맹아율이 15% 미만이었다. 그러나 1월 25일부터 입실한 경우는 100% 맹아되었다. 따라서 얼레지 구근의 내재휴면을 타파시키기 위한 저온요구도는 12월 말에서 1월 말 사이 기간에 충족되는 것으로 판단되었다. 인공 저온처리한 실험 결과, 10월 12일에는 5℃에 12주 이상 처리해야 80% 가까이 맹아되었고, 11월 16일에는 8주 이상 처리해야 80% 가까이 맹아되었다. 저온처리 기간을 chill unit으로 계산한 결과 저온요구시간이 1,483 - 1,794 시간을 충족시켜 주는 것이 얼레지 구근의 휴면을 타파시키는데 효과적일 것으로 판단된다.

처녀치마의 화아분화를 관찰한 결과, 4월 28일에는 정단분열조직이 둥근형태를 띄었는데, 5월 30일에는 각 기관으로 분화할 원기들이 형성되었다. 이 원기들은 6월 27일이 되면서 더욱

뚜렷하게 발달하였고 이후 7월말이 되면서 꽃잎, 암술 및 수술이 완전하게 발달하였다. 이후 8월 말이 되면서 각 기관들이 길어지기 시작하였고, 10월경에는 각 기관의 색깔이 변화하기 시작하였으며, 11월에는 특히 수술의 색깔이 보라색으로 변화되었다. 따라서 처녀치마의 화아분화는 5월달에 유도되고 6월에 분화가 완료되며, 7-8월에 발달이 완료되는 것으로 판단되었다. 입실시기에 따른 휴면타과 유무를 조사한 결과, 9월과 10월에 입실한 경우, 맹아율이 50% 미만이었다. 그러나 11월 29일에 입실한 경우, 60% 이상 높아졌고, 12월 27일 이후에는 100% 맹아하였다. 맹아소요일수는 12월부터 입실한 경우에는 거의 20일 정도면 대부분이 맹아되었다. 인공저온 처리를 통한 휴면타과 실험결과, 10월 18일에 입실한 경우, 5℃에 8주 이상 처리해야 맹아소요일수도 짧고 잎의 생장이 정상적으로 이루어졌다. 11월 15일에는 5℃에 4주 이상 처리해야 맹아소요일수도 짧고 지상부 생육이 정상적으로 이루어졌다. 저온처리 기간을 chill unit으로 계산한 결과 저온요구 시간이 1,176 시간으로 판단되었다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 연구성과

가. 기술이전(3건)

나. 상품화(2건)

다. 정책건의(3건)

라. 교육지도(3건)

마. 언론홍보(1건)

바. 타 연구에 활용 및 2단계 연구에 활용(1건)

사. 연구인력양성(5건)

아. 기타-수상(2건)

자. 기타-매뉴얼 제작(1건)

차. 논문발표(5편 논문게재 및 학술발표 9건)

(1) 논문투고 및 출판

(가) SCI급 논문 4편

(나) 비SCI급 논문 1편

(2) 학술발표

(가) 포스터발표(6편)

(나) 구두발표(3편)

2. 활용방안

본 연구에서는 그동안 종자번식기술이 확립되지 않았던 복수초, 매밭톱꽃, 금평의다리, 자주평의다리, 얼레지, 처녀치마, 동강할미꽃, 큰연영초, 왜미나리아재비, 한계령풀, 연잎평의다리, 숙은처녀치마, 바위미나리아재비, 헬레보루스 등의 휴면타파와 발아촉진기술을 구명하였다. 나아가 휴면의 유형을 분류하였다. 이러한 내용들은 자생식물 농가에서 직접 활용할 수 있을 뿐만 아니라, 한반도 자생종의 종자휴면의 생태·생리를 연구하는데 매우 중요한 자료가 될 것이다. 뿐만아니라, 자생 얼레지와 처녀치마의 휴면타파를 통한 개화기 조절기술을 구명하였기에 인위적으로 개화시기를 조절하여 상품화하는데 중요한 자료가 될 것이다.

SUMMARY

(영문요약문)

Commercialization by mass proliferation and high quality production technique for ornamental spring ephemerals native to Korea

1. Seeds Collection and Characteristics of Ornamental Spring Ephemerals Native to Korea

Many species in Berberidaceae, Ranunculaceae, Melanthiaceae and Liliaceae have underdeveloped embryos at seed dispersal from mother plants. The seeds with underdeveloped embryos at maturity have morphological (MD) or morphophysiological dormancy (MPD). This study was conducted to find basic information for the research of morphological dormancy of seeds in 15 herbaceous species of four plant families (Berberidaceae, Ranunculaceae, Melanthiaceae, and Liliaceae) native to the Korean peninsula. Seeds of two Berberidaceae species (*Leontice microrhyncha* and *Jeffersonia dubia*), eight Ranunculaceae species (*Adonis amurensis*, *Aquilegia buergeriana*, *Pulsatilla tonkangensis*, *Ranunculus crucilobus*, *R. franchetii*, *Thalictrum rochenbrunianum*, *T. uchiyamai*, *T. coreanum*, and *Helleborus orientalis*), three Melanthiaceae species (*Heloniopsis koreana*, *H. tubiflora*, and *Trillium tschonoskii*), and one Liliaceae species (*Erythronium japonicum*) were collected, and embryo morphology and seed germination were investigated in the controlled laboratory conditions. All seeds of 14 species had underdeveloped embryos which occupied about 7-20% of the full seed length at maturity. The seeds of *L. microrhyncha*, *J. dubia*, *A. amurensis*, *A. buergeriana*, *R. crucilobus*, *R. franchetii*, *E. japonicum*, *T. tschonoskii*, *H. koreana*, and *H. tubiflora* had rudimentary embryos at maturity. On the other hand, the seeds of *P. tonkangensis*, *T. rochenbrunianum*, *T. uchiyamai*, and *T. coreanum* had intermediate type between rudimentary and linear embryo. After 30 days, the seeds of *A. buergeriana*, *P. tonkangensis*, *H. koreana*, *H. tubiflora*, *T. rochenbrunianum*, and *T. uchiyamai* germinated to 92%, 84%, 22%, 40%, 12%, and 3%, respectively. On the other hand, no seeds of the other nine species germinated within 4 weeks. Seeds which did not germinate within 30 days are said to have MD. Thus, most of the seeds of *A. buergeriana* and *P. tonkangensis* have MD, whereas the seeds of *L. microrhyncha*, *J. dubia*, *A. amurensis*, *R. crucilobus*, *R. franchetii*, *E. japonicum*, *T. tschonoskii*, *T. coreanum*, and *H. orientalis* have MPD. On the other hand, the seeds of *H. koreana*, *H. tubiflora*, *T. rochenbrunianum*, and *T. uchiyamai* have about 78%, 60%, 87%, and 96% MPD. There was a different level of dormancy (MD and MPD) within the same seed population examined, indicating different adaptation strategies of wild plants in the natural environment.

2. Development of A Dormancy Breaking Technique in Seeds of Ornamental Spring Ephemerals Native to Korea

Seeds of *Leontice microrhyncha* had deep simple epicotyl MPD (morphophysiological dormancy). For breaking dormancy, seeds required both warm followed by cold temperature sequences. After radicle emergence, cold stratification at 5°C was essential for breaking secondary epicotyl dormancy. Seeds of *Adonis amurensis* had deep simple MPD. Embryos grew at relatively warm temperatures, and seeds germinated after warm followed by cold temperature sequences. GA did not overcome the dormancy. Seeds of *Ranunculus crucilobus* had deep complex MPD. Embryo growth occurred at cold temperature (5°C), and seed dormancy was broken by cold stratification. GA did not overcome the dormancy. On the other hand, seeds of *R. franchetii* had deep simple epicotyl MPD. Embryos in the seeds grew at relatively warm temperature in early autumn, and germination occurred in late autumn. Germinated seeds required cold stratification for seedling emergence. In three *Thalictrum* species, seeds had non-deep simple MPD. Embryo growth occurred at low temperatures, but it was more promoted when the seeds were transferred from low to high temperatures. Seeds required only a cold stratification to break dormancy, and GA substituted for cold stratification. In two *Heloniopsis* species, embryos in the seeds grew under warm temperature regimes (between 25/15°C and 30/20°C). GA₃ (tested only in the light) overcame seed dormancy and promoted germination. Light was found to be one of the critical factors for germination because no seed of either two *Heloniopsis* species germinated under constant dark conditions, and thus, these species have the potential to form a persistent soil seed bank. Thus, the seeds had non-deep simple MPD.

MD and MPD were regulated by phytohormones (ABA and GAs). In *A. buergeriana* seeds (MD), ABA content and sensitivity decreased rapidly, and GA content and sensitivity increased rapidly after burial. On the other hand, in *A. amurensis* seeds (MPD), ABA content decreased drastically after burial, but GA content did not increase before the seeds experienced temperature changes from high temperatures in summer to medium temperatures in autumn in nature. When underdeveloped embryos grew rapidly, ABA was non-detectable and GA content increased. But, the seeds remained ungerminated during cold season in winter. When the seeds started to germinate after cold period in winter, GA content increased rapidly. GA₄ played a key role in stimulating embryo growth and germination in both MD and MPD. The changes of GA/ABA ratio were similar to the changes of embryo growth and germination in the buried seeds.

3. Development of Year-round Cultivation Technique by Dormancy Control

Flower bud initiation and differentiation in *Erythronium japonicum* were observed in May, and from June to July, respectively, followed by flower bud elongation in August. Sprouting and bud break did not occur throughout the experiment when dormant bulbs were transferred from September 28 (0 CCU) to November 30 (450 CCU). However, all plants sprouted when the dormant bulbs were transferred after January 25 (1,794 CCU). Prolonged cold storage also promoted sprouting of dormant *E. japonicum*. No cold storage or 4 weeks (672 CCU) of cold storage at 5°C on October

12 did not induce sprouting and bud break. However, when the dormant bulbs were stored at 5°C for 12 weeks (2,061 CCU) on October 12, percent sprouting increased to 72.7%. Chilling treatment for 8 weeks (1,483 CCU) or 12 weeks (2,155 CCU) at 5°C on November 16 resulted in 72.7 and 100% sprouting, respectively. In conclusion, at least 1,483 - 1,794 CCU may be recommended for dormancy breaking in the forcing culture of *E. japonicum*.

In *Heloniopsis koreana*, flower bud initiation and differentiation were observed on May 30 and June 27, respectively. In late July, petal, stamen, and pistil were developed. When dormant plants were transferred on December 27 from an open field to greenhouse, 100% of the plant sprouted. Days to sprouting was about 20 days when transferred on December 27. On October 18, 8 weeks of cold storage at 5°C was required for breaking dormancy and normal growth. On November 15, 4 weeks of cold storage at 5°C was required for breaking dormancy and normal growth. In conclusion, at least 1,176 CCU may be recommended for dormancy breaking in the forcing culture of *H. koreana*.

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	12
제 1 절 연구개발의 목적과 필요성	12
제 2 장 국내외 기술개발 현황	13
제 1 절 국외 현황	13
제 2 절 국내 현황	16
제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과	18
제 1 절 종자의 수집 및 평가	18
제 2 절 종자의 휴면타과 기술 개발	26
제 3 절 개화조절을 통한 주년 재배기술 개발	97
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	112
제 1 절 목표달성도	112
제 2 절 관련분야의 기술발전 기여도	113
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획	114
제 1 절 실용화·산업화 계획(기술실시 등)	114
제 2 절 교육·지도·홍보 등 기술확산 계획 등	118
제 3 절 특허, 품종, 논문 등 지식재산권 확보 계획	119
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	121
제 7 장 참고문헌	122

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적과 필요성

국내 뿐 아니라 해외의 화훼 시장은 끊임없이 새롭고 다양한 새로운 화훼 유전자원을 발굴하여 상품화하며 발전하고 있다. 그러나 국내에서는 그간 자생식물의 개발과 관련하여 특정작물들에 연구가 집중되어 왔기에 연구가 상대적으로 미약했던 새로운 유망식물들의 개발이 필요한 실정이다. 특히 봄철에 일찍 개화하는 복수초, 얼레지, 처녀치마, 동강할미꽃, 한계령풀, 큰연영초, 바위미나리아재비, 왜미나리아재비, 금평의다리, 자주평의다리, 연잎평의다리 등의 관상용 춘계단명식물들(ornamental spring ephemerals)은 관상가치가 뛰어난 한반도 자생식물들이다. 이 식물들 중, 처녀치마, 동강할미꽃, 바위미나리아재비, 금평의다리 및 자주평의다리 등은 한반도 특산식물이고, 한계령풀, 큰연영초 및 연잎평의다리 등은 멸종위기 식물로 지정되어 있는 중요한 식물 자원들이다.

이들 자생종들은 종자로 번식되지만, 그간 재료의 충분한 확보가 용이하지 않았고, 복잡한 종자휴면의 습성을 보여 실용적인 결과를 얻지 못한 경우가 많았다. 또한 과거에는 저온, GA(지베렐린) 처리 등을 통하여 휴면이 타파되는 종자들의 연구가 대다수였으나, 좀 더 복잡한 형태의 휴면을 갖는 종자들의 휴면생리에 관해선 국내에 보고된 사례가 거의 없고, 일부 기관들에서도 실용적인 연구결과를 얻지 못하였다. 뿐만 아니라, 관상용 춘계단명식물들의 상당수가 발아하는데 1년여의 긴 시간이 필요한 것으로 파악되나 우리나라 자생식물의 경우 객관적인 자료가 제시된바가 없고 새로운 접근방법이 상당히 필요하기 때문에 연구과제로서의 가치가 충분하며, 발아에서 개화주까지 약 4-5년 걸리는 춘계단명식물들의 재배기간 단축을 통한 고품질, 저에너지 재배기술을 통하여 농가의 식물생산비 절감에 기여해야한다. 특히, 희귀·멸종위기종 및 특산식물들의 특성 및 억제재배를 통한 주년생산기술을 농가에 보급하여 신소득 창출 및 신시장의 수요에 부응할 수 있도록 해야한다. 따라서 본 연구 과제를 통하여 위 식물들의 효율적인 번식체계를 구축하고, 나아가 개화 및 품질조절을 통하여 고품질 생산시스템을 보급하고자 한다.

세부1과제는 서울대(서울대학교)에서 위 식물들의 종자를 수집하고 종자휴면의 유형을 구명하였다. 나아가 휴면을 타파시키고 발아를 촉진시킬 수 있는 방법을 구명하였으며, 자생 얼레지와 처녀치마의 휴면타파를 통한 개화기 조절기술을 개발하였다. 협동1과제는 한택식물원에서 멸종위기식물인 개느삼과 특산식물인 처녀치마의 영양번식 기술을 연구하였다. 또한 서울대학교에서 개발된 종자의 휴면타파 기술을 활용하여 유묘를 확보한 후, 대상 종들의 육묘 시, 생장을 촉진시킬 수 있는 환경조건을 연구하였다. 이러한 연구를 바탕으로 유망한 신 화훼식물들의 종자번식 기술과 개화기 조절기술을 개발하고자 하였다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국외 현황

1. 종자의 휴면타파 및 휴면유형 구명

춘계단명식물을 포함하는 숙근성 야생식물의 종자휴면생리에 관해서는 특히 미국 켄터키대학교의 Baskin 그룹에서 현재까지 활발하게 연구를 진행하고 있다. 국내·외 수많은 종자휴면 연구 및 분류체계의 확립을 통하여 최근에는 종자휴면의 분류 유형이 바뀌고 있다. 기존의 휴면 분류체계에서는 [내재휴면(자발휴면), 외재휴면(타발휴면)]으로 분류하였고, 세부적으로 배휴면, 종피휴면, 생리적휴면 등으로 분류하였는데, 이러한 분류체계는 수많은 종자의 다양한 휴면습성을 설명하기엔 상당히 미흡하였다. 최근의 종자휴면 분류체계는, 켄터키대학교 생물학과의 Carol Baskin과 Jerry Baskin 연구 그룹에서 약 10,000여종 이상의 연구결과를 바탕으로 분류체계를 확립하였는데, 그 내용을 바탕으로 각 종자의 휴면 유형을 분류하였다(Baskin and Baskin, 2004). 뿐만 아니라, 여러 식물종의 다양한 휴면유형을 대륙별 및 식생별로 분포를 조사하였다(Baskin and Baskin, 2003). 최근에는 다양한 종자휴면의 유형을 식물의 계통분류와 접목하여, 종자휴면의 진화가 어떻게 진행되어 왔는지를 연구하고 있다. 또한 전 세계 수많은 연구자들이 Baskin 그룹의 종자휴면의 생태·생리 연구를 수행하고 있다. 국내에서도 새로운 휴면분류체계에 따라 종자휴면을 분류하고, 데이터베이스화하는 연구가 지속적일 진행될 것이다.

최근 환경, 유전자원 등과 관련된 국제적 이슈들과 맞물려 여러 국제 연구과제들이 진행되고 있다. 특히 국제 식물 종자은행을 운영하는 Royal Botanical Garden, Kew의 경우 ‘Seed Information Database - SID(<http://data.kew.org/sid/>)’를 2008년에 구축하였다. 이 사이트에는 연구결과를 통해 밝혀진 모든 종자의 정보를 게시하고 있다. 따라서 대상종의 연구 유무 및 종자정보를 손쉽게 파악할 수 있다. 이러한 시스템은 연구 대상종이 연구기관별로 중복되는 문제점을 해결하는데 도움이 되고 있다. 국내에서도 몇몇 국가 연구기관을 중심으로 종자은행이 운영되고 있다. 그러나 종자의 저장성 및 휴면습성에 대한 데이터베이스는 상당히 뒤쳐져있는 것으로 판단된다.

미국과 유럽뿐만 아니라, 최근 동아시아의 국가들도 종자휴면의 생태·생리연구를 활발하게 진행하고 있다. 최근 일본 홋카이도대학교의 Kondo 연구팀에서는 자생 *Viburnum*, *Cardiocrinum*, *Corydalis*, *Trillium* 속 등의 종자휴면의 생태생리연구를 활발하게 진행하여 연구결과들을 우수한 학술지에 게재하고 있다(Kondo 등, 2011; Phartyal 등, 2012; Phartyal 등, 2014). 최근에는 미국의 Carol Baskin과 Jerry Baskin이 중국의 Lanzhou University와 Xinjiang Agricultural University의 연구팀과 함께 야생식물의 종자휴면 연구를 활발하게 진행하여 국제적인 학술지에 많은 연구결과를 게재하고 있다. 또한 대만 산림과학원의 Ching-Te Chien 등이 자생식물들의 종자휴면 연구를 활발하게 연구하고 있으며, 미국의 Baskin 그룹과 협동연구를 통하여 의미 있는 결과들을 도출하고 있는 실정이다. 뿐만 아니라, 최근 남아공의 University of KwaZulu-Natal에서는 Van Staden 연구그룹에서 야생식물들의 번식과 기능성에 관하여 매우 활발한 연구들을 진행하고 있으며, 연구결과를 수백편의 학술저널에 게재하고 있

다.

2. 자생식물의 개화기 조절 기술

자생식물의 상업적 개발과 관련해서는 최근 호주의 The University of Queensland에서 ‘The Centre for Native Floriculture’를 만들어 다양한 자생식물들을 개발하고 있다. 이 자생식물센터에서는 다양한 연구팀이 구성되어 있다. 내수시장과 해외로 수출 가능한 후보작물을 선정하고 마케팅을 연구하는 팀, 선정된 식물의 번식, 재배 및 개화조절을 연구하는 팀 및 수확 후 생리를 연구하는 팀 등으로 구성되어 있다. 최근의 연구를 통하여 야생 초화류인 *Brunonia australis* (Goodeniaceae)와 *Calandrinia* sp. (Portulacaceae), 목본식물인 *Grevillea*와 *Chamelaucium*(waxflower) 등의 번식, 개화조절 및 수확 후 생리를 연구하여 대외 수출을 타진하고 있다. 뿐만 아니라, 미국의 USDA(미농무성), MSU(미시건주립대) 등에서는 다양한 숙근초화류들의 번식 및 개화조절기술을 연구하여, 그 결과들을 매뉴얼화 하였다. 특히 저온처리를 통하여 개화를 촉진시키는 vernalization과 장일처리의 요구도에 따라 개화반응을 9가지로 분류하여 일반 재배자들이 활용하도록 하였다. 최근 뉴질랜드 Massey University의 Funnell 연구팀에서는 용담의 화아분화, 휴면 및 개화조절에 관한 연구를 통하여 원예적으로 이용할 수 있는 다양한 방법을 도출하였다(Samarakoon 등, 2012, 1015).

최근 숙근초화류의 휴면조절을 통한 개화시기 조절은 휴면을 타파하기 위한 저온과 고온의 요구도를 수치화하는 연구들이 많이 진행되고 있다. 숙근 초화류들은 가을철에 휴면에 들어가기 시작하여 겨울철의 저온기간동안 내재휴면기를 겪는다. 이 기간동안 충분한 저온을 받아야 이듬해 봄에 온도가 높아지면서 정상적인 생육이 가능하다. 이러한 저온 요구도를 Chill Unit이라 하고, 고온 요구도를 Heat Unit이라 한다. 숙근초화류의 내재휴면을 인위적으로 타파시키기 위한 저온의 요구도를 수치화하는 방법들은 여러 가지가 있는데, 특히 최근의 연구들은 여러 가지 모델을 이용하여 저온과 고온의 요구도를 수치화하는 내용들이 주를 이루고 있다. 뿐만 아니라 최근에는 휴면타파를 위한 저온처리를 하기 전에 가을철의 중온을 일정기간 인위적으로 처리해주는 lamp-down 방법이 안정적인 화아분화와 휴면 유도를 위해 필요하다는 연구결과들이 발표되고 있다(Campoy 등, 2012; Foley 등, 2009). 또한 관상가치가 뛰어난 자생 *Arisaema sikokianum*와 *Helleborus* 속 식물들을 인위적인 GA(지베렐린) 처리와 저온처리를 통하여 개화를 촉진시키는 연구들이 아시아의 일본, 유럽의 벨기에 등에서 지속적으로 연구되고 있다.

3. 자생식물의 영양번식 및 육묘

최근 자생식물의 번식과 관련된 연구는 미국의 University of Florida의 Hector Perez 연구팀에서 활발하게 진행하고 있다. 특히 자생 *Polygonella* 속 식물의 종자 및 삽목번식, 야생 난류의 종자번식의 생태·생리연구를 진행하였다(Heather 등, 2010). 이러한 연구들은 플로리다 주 정부 및 미농무성의 지원을 통해 연구되고 있으며, 환경복원 뿐만 아니라 야생식물의 원예적 이용을 목적으로 하고 있다. 뿐만 아니라, USDA Forest Service에서는 “Native Plants Journal”이라는 사이트를 개설하여 야생식물의 “Propagation Protocol Database”를 구축하고

있다. 주로 야생식물의 번식 및 육묘에 관한 내용들을 게재하고 있으며, 학계뿐만 아니라 관련 분야의 산업체에서도 다양한 결과들을 게재하고 있다. 이러한 추세만 보더라도 야생식물에 대한 관심이 얼마나 높은지를 알 수 있다.

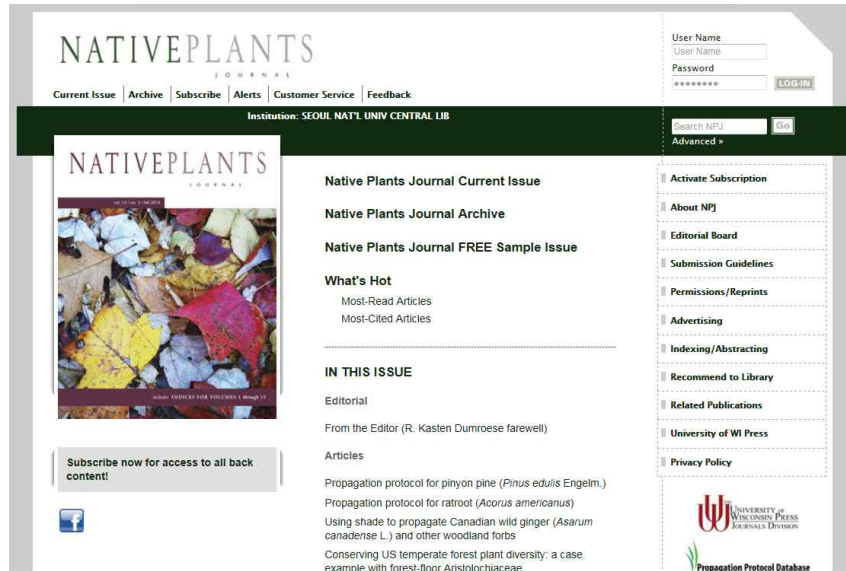


그림 1-3-1. 미국 USDA Forest Service에서 운영하는 자생식물 저널.

제 2 절 국내 현황

1. 종자의 휴면타파 및 휴면유형 구명

자생식물의 종자번식을 위한 휴면타파에 관한 연구는 특히 80-90년대부터 시작되었는데, 특히 자생 난류의 조직배양을 통한 종자발아가 많이 연구되었고, 개미취, 할미꽃, 용담, 섬말나리, 섬초롱꽃 및 미선나무 등의 종자휴면 연구가 진행되었다. 2000년대 들어서 자생식물의 종자휴면 연구는 지속되었는데, 금강초롱꽃, 동의나물, 앵초, 히어리 및 벌개미취 등의 발아촉진 연구가 진행되었다. 그러나 이 식물들의 공통점은 종자의 휴면성이 없거나 약하고, 일반적인 저온처리, GA(지베렐린) 처리 및 후숙처리로 종자휴면이 쉽게 타파되 종들이라는 점이다. 또한 이 식물들은 상대적으로 종자를 확보하기가 용이한 종들이었다.

그러나 봄철에 일찍 개화하는 복수초, 얼레지, 처녀치마, 숙은처녀치마, 동강할미꽃, 한계령풀, 큰연영초, 바위미나리아재비, 왜미나리아재비, 바람꽃 종류 등의 관상용 춘계단명식물들(ornamental spring ephemerals)과 금평의다리, 자주평의다리 및 연잎평의다리 등의 한반도 특산 및 멸종위기 식물들에 대해서는 연구가 거의 없었다. 그 이유는 현실적으로 실험에 사용할 수 있는 충분한 수량의 종자를 확보하는 것이 거의 불가능하였고, 소량의 종자를 이용해 실험을 하여도 휴면성이 깊어서, 보통 발아하는데 1년여 이상의 긴 기간이 소요되기 때문이다. 또한 국가 연구과제의 특성상 1년 단위로 실적과 여러 성과를 만들어야하는 현 상황에서 단일 종자의 휴면상태를 1년 이상 관찰한다는 것은 상당히 어려운 일이었다.

이러한 어려운 상황속에서도 서울대학교 화훼 및 조경식물학 연구실에서는 최근 자생 멸종위기종인 깽깽이풀의 휴면생리를 구명하였다. 5월에 자연상태에서 채취한 종자는 미숙배를 가지며, 25도의 발아에 적절한 환경조건에서도 1년 이상 발아하지 않는 형태생리적휴면을 가진다는 것을 확인하였다(Rhie 등, 2014). 또한 이러한 원인은 종자가 모체로부터 탈리된 이후에 여름철의 고온과 겨울철의 저온을 순차적으로 받아야 미숙배의 휴면과 이후 생리적인 휴면이 타파되기 때문임을 구명하였다. 뿐만 아니라, 이 형태생리적 휴면을 타파시키기 위한 고온기간과 저온기간을 구명하여 종자발아를 촉진시킬 수 있는 실용적인 방법을 개발하였다.

최근 환경, 유전자원 등과 관련된 국제적 이슈들과 맞물려 여러 국제 연구과제들이 전 세계적으로 진행되고 있다. 특히 야생종자를 확보하고 저장할 수 있는 방법, 종자를 원하는 시점에 맞춤형으로 발아시킬수 있도록 하기 위한 휴면의 생태생리 연구들이 진행되고 있다. 국내에서도 몇몇 국가 연구기관을 중심으로 야생종자의 확보, 저장 및 휴면과 발아생리에 대한 연구과제가 활발하게 진행되고 있다. 또한 야생식물 종자은행, 유용 야생식물 증식센터 등을 운영하고 있다. 그러나 종자의 저장성 및 휴면습성에 대한 데이터베이스의 구축 상황은 선진국에 비해 상당히 뒤쳐져있는 것으로 판단된다.

2. 자생식물의 영양번식, 육묘 및 개화기 조절 기술

남한에 자생하고 있는 4,000여종 이상의 식물들 중 관상가지차 있어 화훼용으로 개발 가능한 것이 약 590여종으로 구분된 바 있다(이와 윤, 1996). 그러나 실제로 연간 100만본 이상 꾸준히 생산되고 있는 종은 50여종도 안 되는 것으로 보고되었다(송, 2007). 이는 식물의 다양성

에 비해서 자생식물의 활용도가 아직 미진하다는 것을 의미한다. 야생식물의 화훼화를 위한 연구들은 1980년대 초반부터 시작되어 본격적인 상업화가 시작된 1990년대부터 활기를 띠기 시작했는데, 그동안 발아, 조직배양, 자생지환경과 생태, 분류 등 많은 연구들이 이루어져(이와윤, 1996), 개발된 기술들은 이미 생산현장에서 부분적으로 활용되고 있다. 특히 애기나리, 은방울꽃, 금낭화, 앵초, 복수초, 상사화류 등 다수의 숙근초들이 재배 및 생산되고 있다. 최근에는 복수초, 작약 및 무늬동굴레 등의 분화 및 절화생산을 위한 개화시기의 조절을 위한 연구가 진행되었다. 특히 휴면을 타파하기 위한 저온과 고온의 요구도를 수치화하는 연구들이 많이 진행되고 있는데, 숙근 초화류들은 가을철에 휴면에 들어가기 시작하여 겨울철의 저온기간동안 내재휴면기를 겪는다. 이 기간동안 충분한 저온을 받아야 이듬해 봄에 온도가 높아지면서 정상적인 생육이 가능하다. 이러한 저온 요구도를 Chill Unit이라 하고, 고온 요구도를 Heat Unit이라 한다. 이러한 Chill Unit과 Heat Unit을 구명하여 휴면타파 시기와 이후 개화시기를 예측할 수 있도록 하고 있다. 최근 정원에 대한 관심이 급속히 증가하고 있다. 이에 더불어 정원용으로 이용되는 숙근성 초화류들의 소비도 증가하고 있다. 이러한 자생 숙근초화류들은 종자 또는 영양번식을 통해 육묘를 할 수 있는데, 그간 채소작물과 일부 초종들에 대해서는 상업적인 육묘를 위해 플러그 육묘에 대한 연구가 상당히 많이 진행되었다. 그러나 자생 특산, 희귀 및 멸종위기종들에 대해서는 플러그 육묘법이 보고된 바가 거의 없었다.



그림 2-2-1. 미국과 호주의 Nursery에서 재배되고 있는 자생식물들의 플러그 육묘.

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

제 1 절 종자의 수집 및 평가

1. 종자의 수집, 휴면성 및 기본특성

가. 연구목적

춘계단명식물(spring ephemeral)이란 이른 봄에 맹아되어 꽃을 피우고, 단기간 성장하다가 휴면에 들어가는 성장주기가 매우 짧은 숙근성 식물들을 지칭하며, 복수초, 얼레지, 노루귀, 한계령풀 등이 그 예이다. 이러한 춘계단명식물들의 많은 종자들은 미성숙한 배를 가지고 모체에서 탈리되는 것으로 알려져 있다. 이러한 종자들의 미숙배는 발아하기 전에 일정 크기 이상 자라야 하는데, 아무런 휴면타파 처리 없이 30일 내에 배의 신장과 발아가 이루어지는 타입과 저온습윤, 고온습윤 또는 복합처리를 해야만 배가 신장하고 발아되는 타입으로 나눌 수 있으며, 전자를 형태적휴면(MD), 후자를 형태생리적휴면(MPD)이라 한다.

지난 수십 년간 국내에서도 많은 숙근성 식물들의 종자휴면에 관해 연구가 진행되어 왔다. 특히, 저온(cold stratification), GA 및 후숙(after-ripening)처리 등을 통하여 휴면타파되는 생리적휴면, 종피파상(scarification) 등으로 휴면타파되는 물리적휴면에 관해서는 많은 연구가 이루어져 왔으나 성숙한 종자가 미성숙한 배를 가지고, 단순히 저온습윤처리, GA처리 등을 통해 휴면이 타파되지 않고, 발아가 억제되는 다소 복잡한 생리기작을 보이는 형태생리적휴면(MPD)에 관한 연구는 최근에 와서야 구체적인 연구가 이루어지고 있다.

본 연구에서는 봄철에 일찍 개화하는 복수초, 얼레지, 처녀치마, 숙은처녀치마, 동강할미꽃, 한계령풀, 큰연영초, 바위미나리아재비, 왜미나리아재비 등의 관상용 춘계단명식물들과 금평의다리, 자주평의다리 및 연잎평의다리 등의 한반도 특산 및 멸종위기 식물들을 대상으로 첫째, 종자의 기본특성을 제시하고, 둘째, 성숙한 종자가 미숙배를 가지는지, 셋째, 만약 미숙배 종자라면 형태적휴면 또는 형태생리적휴면 중 어떤 휴면타입을 보이는지를 조사하여, 추후 이러한 종자휴면의 생리적 메카니즘을 연구하고, 실용적으로 사용될 수 있는 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 종자 수집

매자나무과의 한계령풀(*Leontice microrhyncha*)과 깽깽이풀(*Jeffersonia dubia*)종자는 경기도 용인소재 한택식물원과 오산에 위치한 물향기수목원에서 각각 2012년 5월1일, 2009년 5월27일에 채종하였다.

미나리아재비과의 복수초(*Adonis amurensis*), 매발톱꽃(*Aquilegia buergeriana*) 및 바위미나리아재비(*Ranunculus crucilobus*)의 종자는 경기도 용인소재 한택식물원에서 각각 2011년 5월 22일, 6월18일, 6월1일에 채종하였다. 동강할미꽃(*Pulsatilla tonkangensis*)은 영월군농업기술센터에서 재배하던 식물체에서 2012년 5월7일부터 18일까지 채종하였다. 금평의다리(*Thalictrum*

rochenbrunianum)와 자주꿩의다리(*Thalictrum uchiyamai*)는 2011년 9월24일에, 연잎꿩의다리(*Thalictrum coreanum*)는 2012년 9월 30일에 한택식물원에서 채종하였다. 왜미나리아재비(*Ranunculus franchetii*)는 2013년 5월29일 강원도 강릉 대관령 자생지에서 채종하였다. 헬레보루스(*Helleborus orientalis*) 종자는 2013년 6월 6일 한택식물원에서 채종하였다.

멜란티움과의 큰연영초(*Trillium tschonoskii*) 종자는 경기도 용인소재 한택식물원에서 6월1일에 채종하였고, 처녀치마(*Heloniopsis orientalis*)는 2012년 5월 16일에, 숙은처녀치마(*Heloniopsis tubifolia*)는 6월 18일에 덕유산 향적봉(1573m)에서 채종하였다.

백합과의 얼레지(*Erythronium japonicum*) 종자는 경기도 용인소재 한택식물원에서 5월23일에 채종하였다. 채종한 종자 또는 과실은 지퍼백에 담아 실험실로 가져와 일주일에서 보름정도 건조, 후숙과정을 거친 후 5°C cold-lab chamber (DS-91, Dasol Scientific Co., Hwaseong, Korea)에 실험에 사용될 때까지 건조 보관하였다. 큰연영초의 경우 6월1일 과실을 채집하였는데, 과실 내부의 종자들이 미숙상태여서 보름이상 실험실내에서 후숙시킨 후 종자를 정선하여 보관하였다.

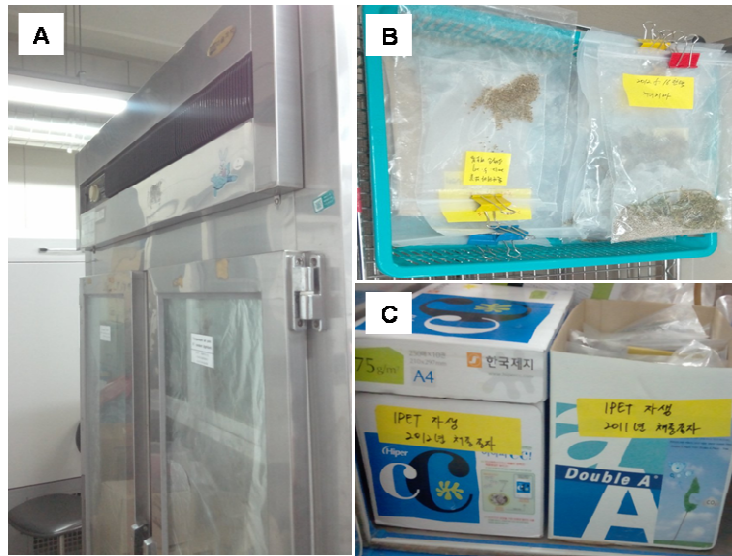


Fig. 1-1-1. Cold storage of study species. A, cold lab chamber; B, dry seeds within zipperbag; C, box for seeds storage.

(2) 종자의 형태, 크기와 100립중 조사

채종한 종자들의 외부사진을 촬영한 후 해부현미경(KSZ-1B, Samwon Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)으로 내부형태를 관찰하였다. 반으로 자른 종자를 해부현미경의 작업대에 올려놓고 micrometer가 장착된 접안렌즈로 관찰하면서 종자와 배의 길이를 측정하였다. 종자와 배의 길이를 측정 한 후 miview usb digital microscope (MV 1302U, CosView Technologies Co., Ltd., Shenzhen, China)를 이용해 60-120배율로 종자 내부를 촬영하였다. 또한 같은 종이더라도 종자의 크기다 다양하고 배의 길이도 차이가 있어서, 미숙배를 좀더 명확하게 표현할 수 있는 배(embryo)와 종자(seed)의 비율인 E:S ratio를 계산하였다. 정선한 종자를 100립씩 3반복으로 100립중을 조사하였다.

(3) 종자의 휴면성 유무 탐색

발아실험을 위해 정선한 종자들을 90×15mm disposable petri dish에 여과지(Whatman No. 2) 2매를 깔고 benomyl 수화제(500 mg·L⁻¹)를 분무하여 약 1시간 정도 소독하였다. 소독 후 증류수로 세척한 후 30립 3반복 완전임의 배치하여 multi-room incubator (DS-13MCLP, Dasol Scientific Co., Ltd., Hwaseong, Korea)에서 배양하였다. 배양환경은 주·야 25/15°C(12h/12h), 광도는 약 20μmol·s⁻¹·m⁻²였다. 배양 후 30일째 발아율을 조사하여, 종자 휴면의 유·무를 판단하였다.

(4) 종자의 수분흡수 조사

20립의 종자를 3반복으로 90×15mm disposable petri dish에 여과지(Whatman No. 2) 2매를 깔고 증류수를 공급하면서 실험실 내(20-25°C)에서 배양하였다. 배양하면서 초기무게에 대한 수분흡수의 증가량을 시간별로 조사하였다.

















다. 결과 및 고찰

연구대상 15종의 100립종은 다양하게 나타났다(Table 1-1-1). 백합과의 처녀치마와 숙은처녀치마가 14-19mg 정도로 가장 적었고, 반면에 미나리아재비과의 헬레보루스, 매자나무과의 한계령풀, 백합과의 얼레지가 가장 무거운 종자로 판단되었다.

연구대상 15종은 개화시기에는 다소 차이가 있으나, 공통적으로 종자 내부의 배가 미숙한 상태임을 확인 할 수 있었다(Fig. 1-1-2). 이러한 미숙배는 종자크기의 약 7-21% 정도 되는 것으로 판단되었다. 그러나 과에 따른 특별한 차이점은 없었다. 캔터키대학교의 Baskin 그룹은 종자휴면을 크게 생리적 휴면(physiological dormancy, PD), 형태적 휴면(morphological dormancy, MD), 형태생리적 휴면(morphophysiological dormancy, MPD), 물리적 휴면(physical dormancy, PY), 조합휴면(combinational dormancy, PY+PD) 등의 다섯 가지로 분류하였고, 각각의 휴면타입 내에서도 깊이에 따라 여러 가지 타입으로 세분화하였다. 이 분류군 중 미성숙배를 가지는 종자들은 형태적 휴면 또는 형태생리적 휴면을 보이는데, 아무런 휴면타입과 처리 없이 30일 내에 배의 신장과 발아가 이루어지는 타입을 형태적휴면(MD)이라 하고, 저온습윤, 고온습윤 또는 복합처리를 해야만 배가 신장하고 발아되는 타입을 형태적인 휴면과 생리적인 발아억제 요인이 복합적으로 작용한다 하여 형태생리적 휴면(MPD)이라 하였다.

본 연구에서 매발톱꽃과 동강할미꽃은 미성숙 배를 가지고 있지만, 30일 내에 대부분의 종자가 발아하였기 때문에 형태적 휴면으로 분류할 수 있었다(Fig. 1-1-3). 그러나 매자나무과의 갯쟁이풀과 한계령풀, 미나리아재비과의 복수초, 바위미나리아재비, 왜미나리아재비, 연잎평의다리 및 헬레보루스는 4주내에 전혀 발아하지 않았다. 따라서 형태생리적 휴면으로 분류할 수 있었다. 멜란티움과의 큰연영초, 백합과의 얼레지도 전혀 발아하지 않아 형태생리적 휴면으로 분류할 수 있었다.

그러나 미나리아재비과의 평의다리 3종과 멜란티움과의 처녀치마와 숙은처녀치마의 경우 4주째 종자의 일부가 발아하였고, 배양기간이 8주까지 길어지면서 발아율이 다소 증가하는 경향을 보였다. 이는 같은 개체군 내에서도 종자휴면을 달리하여 생존하려는 야생식물의 전형적인 특징이라 할 수 있다. 결론적으로 한반도에 자생하는 많은 수의 야생 숙근초화류들의 종자가 모식물체에서 탈리되는 시점에 미숙배를 가지고 있는 것으로 판단되었다.

Scientific name (Korean name)	Family	Flowers	Fruits	Seed morphology	
<i>Leontice microstachya</i> S.Moore (한계령풀)	Berberidaceae (매자나무과)		Berries		
<i>Jeffersonia dubia</i> (Maxim.) Benth. & Hook.f. ex Baker & S.Moore (깽깽이풀)			Capsules		
<i>Akonis amurensis</i> Regel & Radde (복수초)	Ranunculaceae (미나리아재비과)		Achenes		
<i>Aquilegia buergeriana</i> var. <i>oxyspala</i> (Trautv. & Meyer) Kitam. (매발톱꽃)			Follicles		
<i>Pulsatilla longzhouensis</i> YN.Lee & T.C.Lee (동강할미꽃)			Achenes		
<i>Ranunculus cruciobas</i> H.Lev. (바위미나리아재비)			Achenes		
<i>Ranunculus franchetii</i> H.Boissien (왜미나리아재비)			Achenes		
<i>Thalictrum rochebrunianum</i> var. <i>grandisepalum</i> (H.Lev.) Nakai (금정의다리)			Achenes		

Continued.





















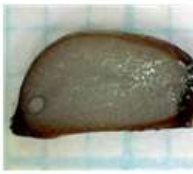
Scientific name (Korean name)	Family	Flowers	Fruits	Seed morphology	
<i>Thalictrum uchiyamaei</i> Nakai (지주점의다리)	Ranunculaceae (미나리아재비과)		Achenes		
<i>Thalictrum coreanum</i> H.Lev. (연잎점의다리)			Achenes		
<i>Helleborus orientalis</i> Lam. (헬레보루스)			Follicles		
<i>Trillium tschonoskii</i> Maxim. (큰연영초)	Melanthiaceae (밀란타움과)		Capsules		
<i>Hakoniopsis korasana</i> Fuse & N.S.Lee & M.N.Tamura (치녀치마)			Capsules		
<i>Hakoniopsis tubiflora</i> Fuse & N.S.Lee & M.N.Tamura (속은치녀치마)			Capsules		
<i>Erythronium japonicum</i> (Baker) Decne. (얼레지)	Liliaceae (백합과)		Capsules		

Fig. 1-1-2. Morphology of flowers and seeds in 15 herbaceous perennial species native to Korea.

Table 1-1-1. 100 seed weight of 15 herbaceous perennial species native to Korea.

	Species	Weight of 100 seeds (mg)
1	<i>L. microrhyncha</i> (한계령풀)	4600.4 ± 20.22
2	<i>H. orientalis</i> (헬레보루스)	1496.0 ± 52.58
3	<i>E. japonicum</i> (얼레지)	914.8 ± 25.23
4	<i>A. koraiensis</i> (홀아비바람꽃)	541.6 ± 12.39
5	<i>A. amurensis</i> (복수초)	469.8 ± 6.02
6	<i>T. tschonoskii</i> (큰연영초)	392.4 ± 9.72
7	<i>T. uchiyamai</i> (자주평의다리)	193.6 ± 5.08
8	<i>T. rchenbrunianum</i> (금평의다리)	185.8 ± 3.37
9	<i>P. tongkangensis</i> (동강할미꽃)	168.7 ± 2.90
10	<i>T. coreanum</i> (연잎평의다리)	138.3 ± 0.72
11	<i>A. buergeriana</i> (매밭툭꽃)	112.3 ± 0.60
12	<i>R. crucilobus</i> (구름미나리아재비)	94.9 ± 1.68
13	<i>H. tubifolia</i> (숙은처녀치마)	19.3 ± 2.26
14	<i>H. orientalis</i> (처녀치마)	14.0 ± 1.54
15	<i>R. franchetii</i> (왜미나리아재비)	- ^z

^zNot measured.

Table 1-1-2. Seed length, embryo length, and the ratio of embryo to seed length (E:S ratio) in seeds of 15 herbaceous perennial species native to Korea. Embryo and seed lengths were measured using a dissecting microscope fitted with an ocular micrometer.

Species	Mean initial value after seed collection		
	Seed length ^z	Embryo length	E:S ratio ^y
	(mm)		
Berberidaceae			
<i>L. microrhyncha</i>	3.20 ± 0.10 ^x	0.23 ± 0.01	0.07 ± 0.00
<i>J. dubia</i>	4.30 ± 0.15	0.38 ± 0.01	0.09 ± 0.00
Ranunculaceae			
<i>A. amurensis</i>	2.55 ± 0.06	0.20 ± 0.01	0.08 ± 0.01
<i>A. buergeriana</i>	2.17 ± 0.04	0.23 ± 0.01	0.11 ± 0.01
<i>P. tonkangensis</i>	2.60 ± 0.05	0.52 ± 0.03	0.20 ± 0.01
<i>R. crucilobus</i>	1.79 ± 0.03	0.29 ± 0.02	0.16 ± 0.01
<i>R. franchetii</i>	1.78 ± 0.03	0.29 ± 0.01	0.16 ± 0.01
<i>T. rochenbrunianum</i>	5.42 ± 0.19	0.50 ± 0.02	0.21 ± 0.01
<i>T. uchiyamai</i>	3.49 ± 0.15	0.34 ± 0.02	0.14 ± 0.01
<i>T. coreanum</i>	3.51 ± 0.07	0.48 ± 0.03	0.19 ± 0.01
<i>H. orientalis</i>	4.80 ± 0.11	0.45 ± 0.02	0.09 ± 0.01
Melanthiaceae			
<i>T. tschonoskii</i>	2.81 ± 0.06	0.23 ± 0.01	0.08 ± 0.00
<i>H. koreana</i>	5.51 ± 0.15	0.12 ± 0.01	0.09 ± 0.01
<i>H. tubiflora</i>	4.90 ± 0.16	0.16 ± 0.00	0.11 ± 0.01
Liliaceae			
<i>E. japonicum</i>	4.59 ± 0.10	0.43 ± 0.01	0.09 ± 0.00

^zSeed length was measured with caudal appendage in two *Heloniopsis* species.

^yPericarp in seeds of berries and achenes, and caudal appendage in seeds of two *Heloniopsis* species were not included for calculating E:S ratio.

^xMean \pm standard error (n=10).

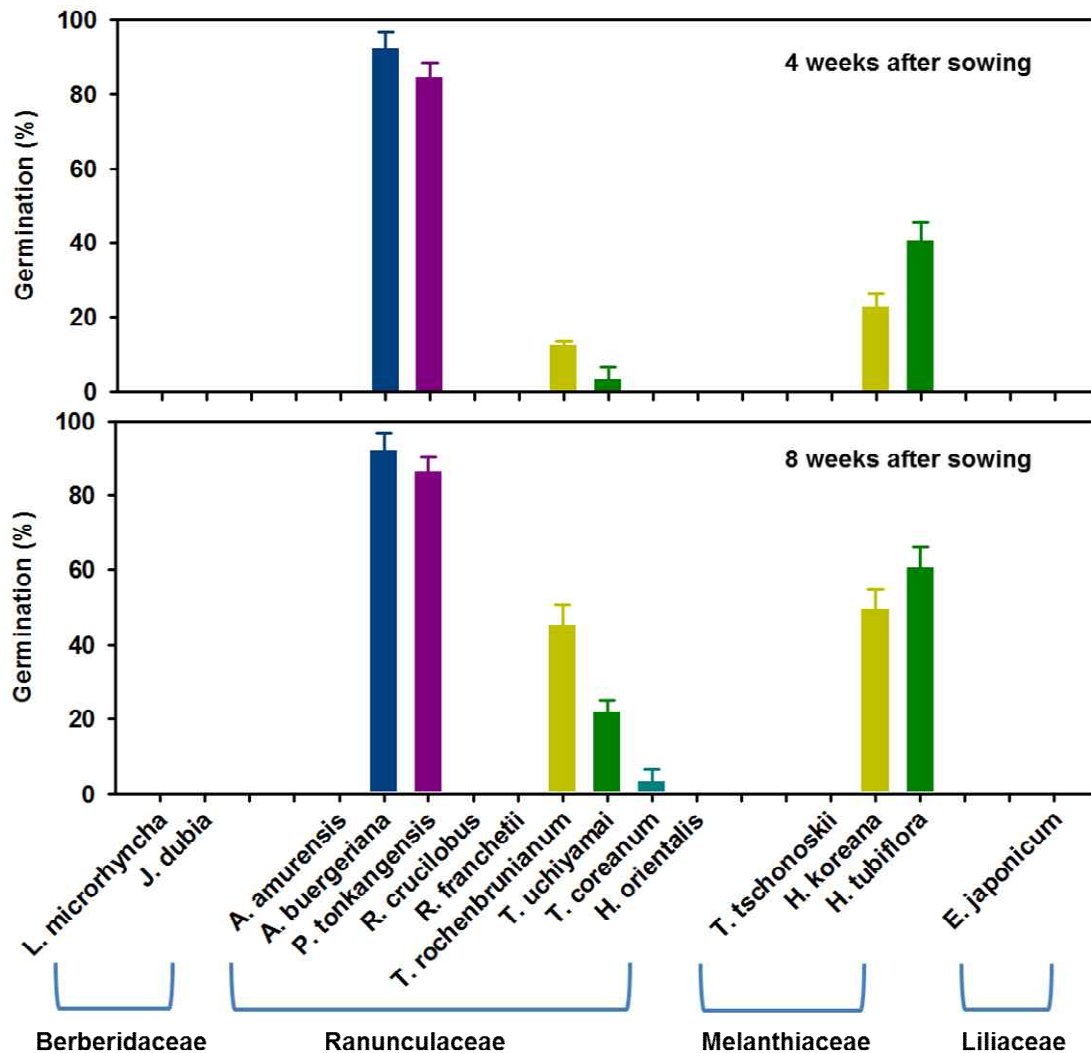


Fig. 1-1-3. Percent germination in seeds of 15 herbaceous perennial species native to Korea. Seeds of each species were germinated under 25/15°C and 12 h photoperiod conditions.

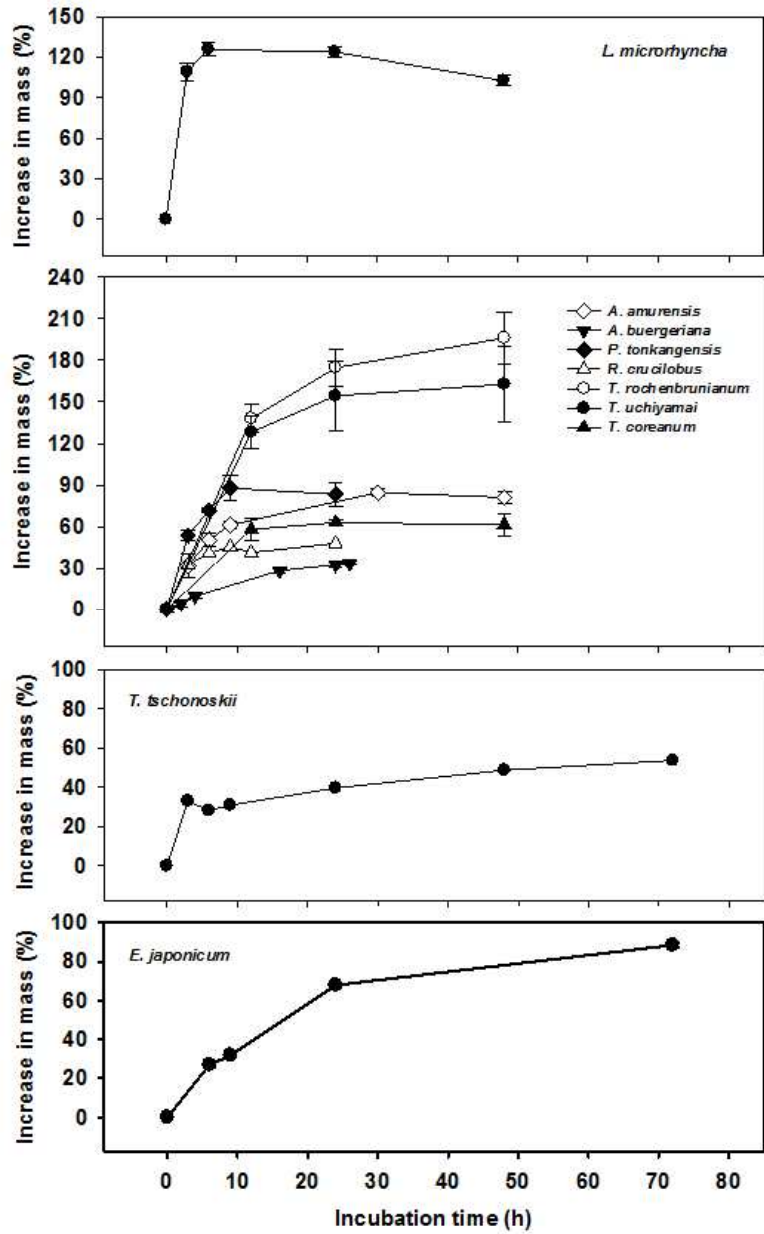


Fig. 1-1-4. Water uptake of intact seeds of 10 species as represented by increase in mass. Seeds were incubated at room temperature (22-25°C) on filter paper moistened with distilled water for 72h. Vertical bars represent SE. Seeds of *Jeffersonia dubia*, *Ranunculus franchetii*, *Helleborus orientalis*, *Heloniopsis koreana*, and *H. tubiflora* also imbibed water, but data not shown.

제 2 절 종자의 휴면타파 기술 개발

1. 한계령풀(*Leontice microrhyncha*)

가. 연구목적

한계령풀은 매자나무과(Berberidaceae)에 속하며 설악산 오색계곡의 한계령 능선에서 처음 발견되어 한계령풀이라고 명명하였다. 한계령풀은 한국에서의 분포지역이 좁은 북방계 식물로, 고도 1,000m가 넘는 강원도의 깊은 산 낙엽수림지에서 자라는 희귀한 식물이고, 멸종위기 2급 종이다. 강원도의 설악산, 함백산, 정선군 등지에서 발견되었고 주로 백두산과 만주지역에 분포한다. 5월에 노란색 꽃이 피며 줄기 끝에 총상꽃차례로 달린다(Fig. 2-1-1). 이른 봄에 꽃이 피고 관상가치가 높아 유망한 정원, 조경용 자생식물이라 할 수 있다. 열매는 삭과로서 등글고 5월에 익는 것으로 알려져 있다. 한계령풀은 지하경과 구근의 발달이 미약하여 분주를 통하여 번식하는 것이 어렵고, 뿌리도 깊어 이식을 하는 것조차 매우 어려운 종이다. 실질적인 번식 방법은 종자번식 밖에 없다고 해도 과언이 아니다. 한계령풀의 종자는 깊은 휴면을 가지고 있는데, 아직까지 어떤 휴면을 가지고 있고 또 어떻게 휴면을 타파할 수 있는 지에 대해 연구된 바가 없었다. 본 연구에서는 한계령풀 종자의 휴면유형을 구명하고 나아가 휴면을 타파시킬 수 있는 방법을 알아보려고 수행하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 종자수집

한계령풀의 종자는 강원도 강릉의 노추산 자생지에서 2012년 5월 23일, 2013년 5월 28일에 채종하였다. 채종한 종자는 실험실에서 이틀간 건조시켰다. 건조된 종자는 지퍼백에 넣어 5℃로 세팅된 저온 저장고에 보관하면서 실험에 사용하였다. 실험은 채종 2주 이내에 시작되었다.



Fig. 2-1-1. Flowering of *Leontice microrhyncha* growing in the Hantaek Botanical Garden. The Photograph was taken on April 12, 2012.

(2) 자연상태에서의 미성숙배의 발달, 발아 및 유묘출현 조사

자연상태에서의 휴면타과 양상을 파악하기 위하여, 종자를 원예용상토와 모래를 1:1로 섞은 토양에 파종한 후 지퍼백에 담아 서울대학교 농업생명과학대학의 실험용 정원에 3cm 깊이로 매장하였다. 토양의 온도를 데이터로거를 이용하여 매 30분 간격으로 기록하도록 하였다. 2012년 6월 4일부터 2013년 4월 말까지 조사하였다.

매달 필드에 파종한 다섯 개의 종자를 꺼내서 실험실로 옮겼다. 옮겨진 종자를 반으로 잘라 배의 길이를 측정하였다. 측정 후 USB 현미경을 이용하여 사진을 촬영하였다. 또한 종자의 발아율 및 유묘출현율을 매달 조사하였다. 발아율은 30립 3반복, 유묘출현은 20립 3반으로 세팅하여 조사하였다.

(3) 온도조건에 따른 발아

적정 발아온도를 구명하기 위해, 종자를 2012년 6월 6일에 각 온도조건에 파종하였다. 온도는 5, 15/6, 20/10, 25/15°C, 일장은 12시간으로 생장상을 세팅하였다. 20립 3반복으로 하였고, 종자는 9cm 패트리디쉬에 모래를 채우고 증류수를 주입한 후 파종하였다. 수분증발을 방지하기 위해 파라필름으로 패트리디쉬를 밀봉하였다.

(4) 발아종자의 유묘출현을 위한 저온처리 효과

본 연구실의 기존 연구와 고찰 결과, 일부 종자의 경우 발아된 이후에도 유묘가 출현하기 위해서 추가적인 저온이 필요한 “상배축휴면(epicotyl dormancy)”을 보인다는 것을 알 수 있었다. 따라서 한계령플 종자가 배축휴면을 보이는지 알아보기 위해서, 자연조건에서 2012년 1월 20일에 발아된 종자를 실험실로 옮겼다. 20립의 종자를 10립은 실험실 내에서 배양하였고, 나머지 10립은 5°C로 세팅된 챔버에 배양하였다. 배양 12주 후에 유묘의 출현 유무를 조사하였다.

(5) GA(지베렐린) 처리가 발아에 미치는 영향

일반적으로 종자의 휴면타과에 효과적인 GA의 효과를 알아보기 위해 실험을 세팅하였다. 종자를 GA용액 0, 10, 100, 및 1000ppm에 24시간 동안 침지처리하였다. 처리한 종자는 20/10°C에 배양하였고 일장은 12시간이었다. 20립 3반복으로 하였고 매주 발아율을 조사하였다.

다. 결과 및 고찰

한계령플 종자는 모식물체에서 종자가 탈리되는 시점에 미성숙한 종자를 가지고 있는 것으로 판단되었다(Fig. 2-1-1). 그러나 이 미성숙배는 자연상태에서 여름철의 고온기를 지나 가을이 되면서 자라기 시작하여 10월말에는 거의 다 자란 것을 확인할 수 있었다(Fig. 2-1-1, 2). 자연상태에서 미성숙배가 다 자란 후에, 11월이 되면서 곧바로 발아가 시작되었다. 11월 말에는 거의 대부분의 종자가 발아하였다. 그러나 발아된 후에 떡잎은 곧바로 출현하지 않았고, 이듬해 3월경 봄철에 접어들면서 출현하기 시작하였다. 4월 말경에는 대부분의 떡잎이 출현하였다. 따라서 자연상태에서는 종자의 유묘가 출현하기까지 10개월 정도의 긴 기간이 소요되었다.

실험실 내에서 온도조건별로 종자를 배양하였다(Fig. 2-1-4). 배양 20주 후에 15/6°C에서만 80% 이상 발아하였고, 다른 온도 조건에서는 전혀 발아하지 않았다. 이는 한계령플의 종자가

깊은 휴면을 가지고 있음을 보여주는 결과이다. 숙근성 야생식물들 중 일부 종들은 배축휴면을 가지는 것으로 알려져 있다. 따라서 자연상태에서 대부분의 종자가 발아된 11월경에 발아된 종자를 실험실로 가져와 일부는 그대로 배양하였고, 나머지 종자들은 5°C에 배양하였다(Fig. 2-1-5). 실험결과 실험실에서 12동안 배양한 종자에서는 유묘출현이 관찰되지 않았던 반면에, 5°C에서 배양한 종자에서는 유묘가 출현하였다. GA처리 실험에서는 모든 온도조건에서 발아하지 않았다.

미성숙배를 갖는 종자의 휴면은 크게 형태적휴면(MD, morphological dormancy)과 형태생리적휴면(MPD, morphophysiological dormancy)의 두 가지로 나뉜다. 그러나 배의 발달과 발아가 약 한달정도 이내에 완성될 경우, 형태적휴면을 가지는 반면에, 배발달과 발아하는데까지 수개월의 긴 기간이 소요되고, 휴면을 타파시키기 위해서 저온, 고온, 또는 저온과 고온의 복합처리 등이 필요한 경우를 형태생리적휴면이라 한다. 본 실험에서 한계령풀 종자는 미성숙배를 가지며, 휴면이 타파되어 발아하고 유묘가 출현하기 위해서 10개월 정도의 긴 기간이 소요되었다. 따라서 형태생리적휴면을 가지는 것으로 판단되었다.

형태생리적휴면은 종자의 휴면을 타파시키기 위한 온도, 배가 자라는 온도 및 GA처리에 따른 휴면타파의 유무에 따라 다시 8가지로 나뉜다. 이 8가지 형태생리적휴면은 배가 자라는 온도가 고온 조건인 simple MPD와 저온인 complex MPD로 나뉜다. 한계령풀 종자는 미성숙배가 여름철의 고온기를 지나고 가을철의 중온기가 되면서 급속도로 자랐다. 따라서 simple MPD로 분류할 수 있다. Simple MPD중 휴면을 타파시키기 위해서 고온과 저온처리가 함께 수반되어야 하고, 지베렐린이 휴면을 타파시키지 못하며, 배축휴면을 가지는 경우를 Deep simple epicotyl MPD로 분류한다.

한계령풀 종자는 자연조건에서 여름철의 고온기와 가을철의 중온기를 거쳐야 배가 자라고 발하는 것을 알 수 있고, 발아된 이후에도 추가적인 저온을 받아야 유묘가 출현하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 종자휴면을 타파시키기 위해서는 고온과 저온처리가 반드시 수반되어야 하고 발아된 이후에도 추가적인 저온처리를 해야지만 안정적으로 유묘를 확보할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 결론적으로 한계령풀 종자의 휴면 유형을 Deep simple epicotyl MPD로 분류할 수 있었다.

그러나 한계령풀 종자는 자연상태에서 11개월 정도의 긴 기간이 지나야 유묘가 출현했던 점, 15/6°C에 배양하여도 5개월 정도의 긴 기간 소요되었던 점 등을 감안할 때 다양한 온도조건과 GA처리 방법에 대한 추가적인 연구가 반드시 수행되어야 할 것으로 판단된다.

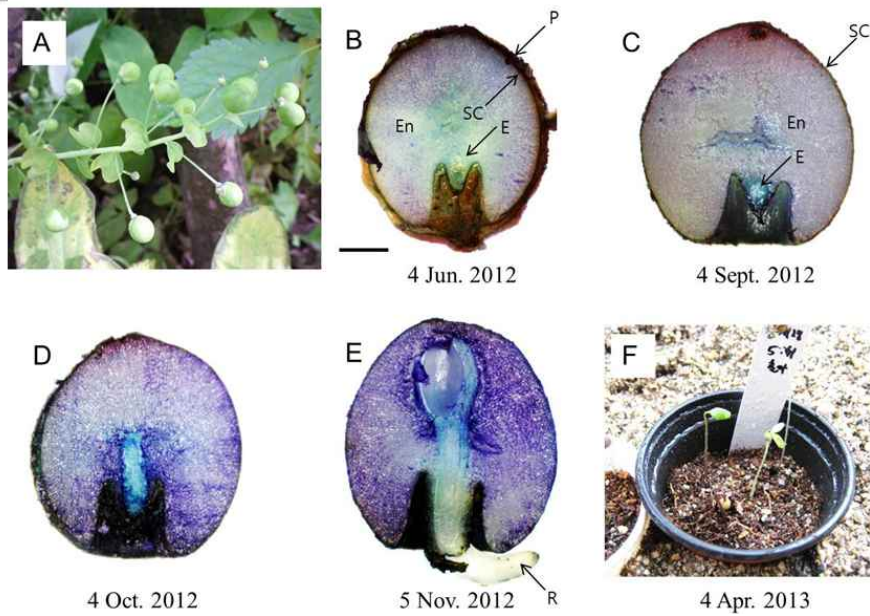


Fig. 2-1-2. Fleshly harvested *Leontice microrhyncha* seeds (A), Embryo growth (B, C, and D), radicle emergence (E), and shoot emergence (F) in an experimental garden in Seoul, Korea. Scale bar = 1 mm. E: embryo, En: endosperm, P: pericarp, SC: seed coat, R: radicle.

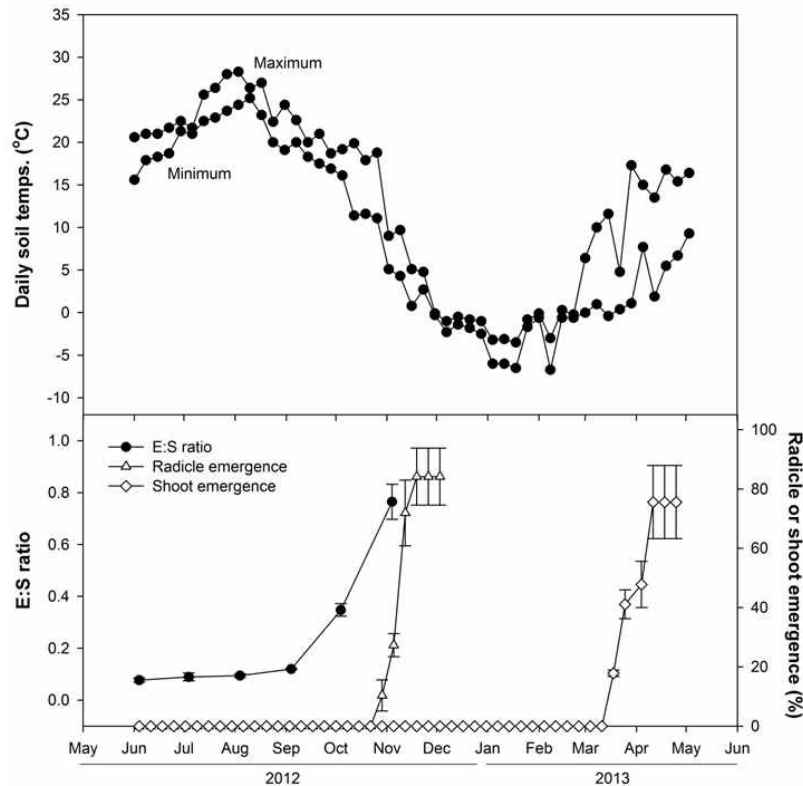


Fig. 2-1-3. Germination phenology embryo growth, radicle emergence, and shoot emergence of *Leontice microrhyncha* seeds sown on soil in an experimental garden, Seoul, Korea. Maximum and minimum daily temperatures at a depth of 3 cm in the garden are shown for the duration of the study. Vertical bars represent SE.

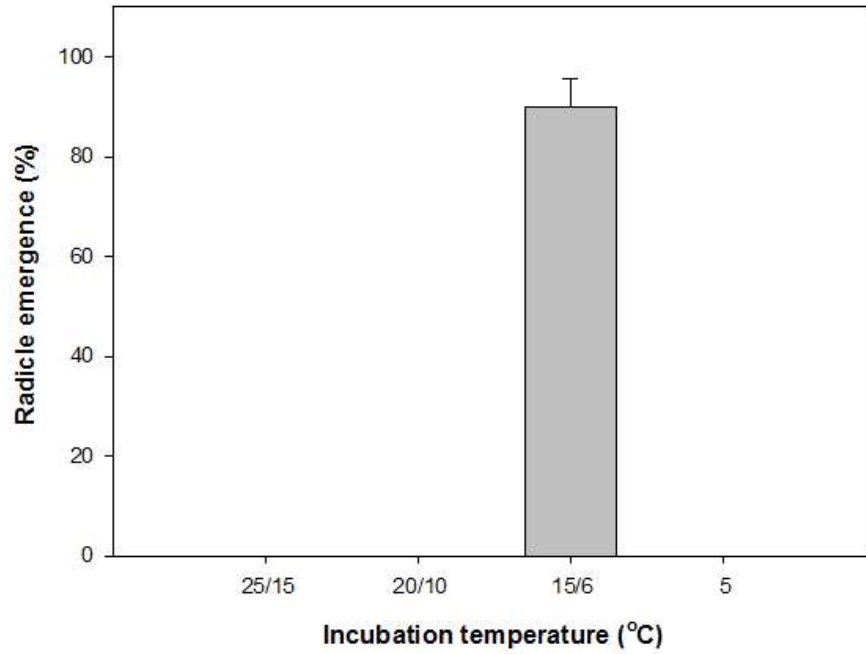


Fig. 2-1-4. Radicle emergence percentages of *Leontice microrhyncha* seeds incubated at 25/15, 20/10, and 15/6 (12/12 h), and constant 5°C after 20 weeks. Vertical bars represent SE.

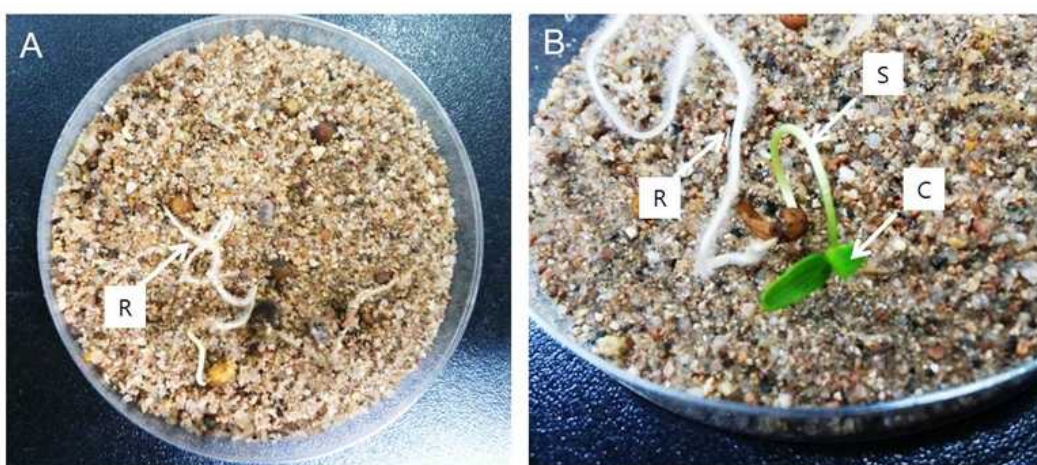


Fig. 2-1-5. Maintaining epicotyl dormancy at room temperatures (20–25°C) (A) and broking epicotyl dormancy at 5°C (B) of radicle emerged seeds, which had been incubated in a soil from 4 Jun. to 20 Sep. 2012 in an experimental garden, Seoul, Korea. R: radicle, S: shoot, C: cotyledon.

2. 복수초(*Adonis amurensis*)

가. 연구목적

우리나라에 자생하는 속근성 초화류 중 이른 봄에 가장먼저 개화하는 식물이 복수초이다. 복수초는 이른봄(2-3월)에 눈이 녹기도 전부터 개화하기 시작하는 관상가치가 뛰어난 유망 자생식물이라 할 수 있다. 특히 동양에서는 ‘영원한 행복’을 의미한다 하여 인기가 상당한 속근초이다. 이러한 복수초는 종자나 조직배양을 통하여 번식할 수 있다. 본 연구실에서는 조직배양 기술을 이미 확립한 바 있다. 그러나 종자번식에 관해서는 전 세계적으로도 연구결과가 전무하다. 복수초는 종자를 과중하여 5년 정도 장기간의 영양생기를 거쳐야 개화하는데, 종자 휴면타파 기술을 통하여 최소 1년 이상 개화주 생산기간을 단축할 수 있을 것이라 판단된다. 따라서 본 연구에서는 복수초 종자휴면의 생태·생리적인 연구를 통하여 종자번식을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.



Fig. 2-2-1. Flowering of *Adonis amurensis* growing in the Hantaek Botanical Garden. The Photograph was taken on March 24, 2013.

나. 재료 및 방법

(1) 종자수집

복수초 종자는 2010년 5월 12일, 24일, 2011년 5월 22일, 2012년 5월 6-16일, 2013년 5월 12일에 경기도 용인소재 한택식물원에서 채종하였다. 일부 종자들은 이미 모식물체에서 탈리되어 있었다. 탈리된 종자들도 채집하여 실험재료로 사용하였다. 종자들은 실험실 내에서 1-2주간 건조시킨 후 5℃ 저온 저장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

(2) 자연상태에서 배발달, 발아 및 유묘출현 관찰

2010, 2011년에 채종한 종자를 실험에 사용하였다. 정선한 종자 200립을 원예용 상토와 모래를 동일한 비율로 섞은 배양토에 배치한 후 지퍼백에 담아 노지에 묻었다. 2주 1회 10개의 종

자를 꺼내어 배의 길이를 측정하였다. 반으로 자른 종자를 해부현미경(KSZ-1B, Samwon Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)의 작업대에 올려놓고 micrometer가 장착된 접안렌즈로 관찰하면서 종자와 배의 길이를 측정하였다. 종자와 배의 길이를 측정 한 후 miview usb digital microscope (MV 1302U, CosView Technologies Co., Ltd., Shenzhen, China)를 이용해 60-200 배율로 종자 내부를 촬영하였다. 또한 같은 종이더라도 종자의 크기가 다양하고 배의 길이도 차이가 있어서, 미숙배를 좀더 명확하게 표현할 수 있는 배(embryo)와 종자(seed)의 비율인 E:S ratio를 계산하였다.

뿐만 아니라, 매달 2회 이상 발아양상과 유묘출현율을 조사하였다. 발아와 유묘출현 실험용 종자는 20립 3반복으로 하였다. 종자를 모래에 파종한 후 플라스틱 망으로 피복한 후 10cm 플라스틱 포트에 배치하였다. 배치한 후 포트를 원예용 상토로 충전한 후 서울대학교 실험용 정원에 배치하였고, 매 시기마다 꺼내어 관찰하였다.

(3) 배생장을 위한 온도 조건 구명

2010, 2011년에 채종한 종자를 실험에 사용하였다. 4가지 온도조건에 종자를 배양하면서 배의 생장을 관찰하였다.

- ① 25/15℃
- ② 25/15℃ → 15/6℃
- ③ 25/15℃ → 5℃
- ④ 5℃

1차 실험에서는 종자를 패트리디쉬에 모래와 함께 파종하였다. 2주 1회 10개의 종자를 꺼내서 위와 동일하게 배생장을 관찰하였다. 2차 실험에서는 패트리디쉬 위에 filter paper 2매를 깔고 그 위에 파종한 후 배양하면서 조사하였다.

(4) 발아를 위한 온도 조건 구명: move-along test

2011년에 채종한 종자를 실험에 사용하였다. Move-along test는 온대지방의 각 계절별 온도를 시뮬레이션하여 종자를 배양하는 방법이다.



20립 3반복의 종자를 각 온도처리별로 세팅하여 실험하였다. 대조구로 5, 15/6, 20/10, 25/15℃를 세팅하였고, move-along 처리로서 5℃의 겨울철 온도로 시작하는 경우, 25/15℃의 여름철 온도로 시작하는 처리구를 두었다. 실험은 총 52주간 진행되었다.

(5) 고온처리 기간이 배발달에 미치는 영향

2012년에 채종한 종자를 25/15℃에 0, 3, 6, 9, 15주간 처리한 후 15/6℃로 옮겨서 추가로 8주간 배양하였다. 배양한 후 배의 크기를 조사하였다. 또한 2013년도에 채종한 종자를 각각 6월 23일, 7월 23일, 8월 23일, 9월 28일, 그리고 10월 31에 필드에 파종하였다. 20립 3반복으로 하여 12월 27일에 종자를 실험실로 꺼내와 배의 크기를 조사하였다.

(6) 저온처리 기간이 발아에 미치는 영향

2011년 6월 19일에 종자를 필드에 파종하였다. 파종한 종자를 2011년 11월 16일, 12월 17일, 2012년 1월 21일, 2월 11일에 굴취한 후 성장상에서 20/10℃ 조건에서 배양하였다.

(7) 지베렐린(GA₃) 처리를 통한 휴면타파

GA₃를 0, 10, 100, 1,000mg · L⁻¹ 농도로 2일 침지 및 petri dish에 주입하여 5℃, 15/6, 20/10, 25/15℃에 배양하였다. 배양하면서 과피가 열개(pericarp dehiscence)되는 정도와 발아율을 조사하였다. 처리한 종자들을 90×15mm disposable petri dish에 여과지(Whatman No. 2) 2매를 깔고 benomyl 수화제(500 mg·L⁻¹)를 분무하여 약 1시간 정도 소독하였다. 소독 후 증류수로 세척한 후 30립 3반복 완전임의 배치하여 multi-room incubator (DS-13MCLP, Dasol Scientific Co., Ltd., Hwaseong, Korea)에서 배양하였다. 배양기의 광도는 약 20μmol·s⁻¹·m⁻²였다.

(8) 환경기록

자연상태에서의 배발달과 발아 양상을 환경데이터와 비교, 분석 하기 위하여 데이터로거 (Model 450, Watch Dog, Spectrum Technologies, Inc., USA)를 노지에 설치하여 기상환경과 지온을 기록하였다. 온도센서를 종자와 비슷한 깊이에 묻었고 매 30분마다 온도가 기록되도록 하였다. 기온과 지온의 최저, 최고온도를 계산하였다.

다. 결과 및 고찰

복수초 종자는 모식물체에서 탈리되는 시점에 미성숙한 종자를 가지고 있는 것으로 판단되었다(Fig. 2-2-3, 5). 종자 내부의 형태와 미성숙배의 크기는 2010, 2011년 모두 비슷하였다. 미숙배는 자연상태에서 9월 말경부터 조금씩 자라기 시작했다(Fig. 2-2-3, 5). 그러나 이 기간동안 배의 생장은 미미했고, 10월달이 되면서 비로소 급속히 자라기 시작하였다. 11월말부터 12초 사이에 대부분의 종자의 배가 완숙되었다. 자연상태에서 배발달이 완성되어도 곧바로 발아하지 않았는데, 이듬해 2월말부터 발아가 시작되어 3월에 대부분의 종자가 발아하였고, 4월 초 순경에 유묘출현을 확인할 수 있었다. 따라서 자연조건에서는 미숙배 종자가 여름철의 고온과 가을철의 중온, 이어지는 겨울철의 저온기를 거쳐야 발아하고 유묘가 출현함을 알 수 있었다.

실험실에서 각 온도별로 배양하면서 배발달을 조사하였는데, 5, 25/15℃에서 계속 배양한 경우에는 배발달이 미미하였던 반면, 25/15℃에서 5℃ 또는 15/6℃로 종자를 옮겼을 때 배발달이

급속히 촉진되었다(Fig. 2-2-7). 그러나 배발달은 15/6℃로 옮겼을 때 더 안정적으로 발달한다는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통하여 여름철 고온기 이후의 이어지는 가을철의 중온이 미숙배가 신장하는데 중요하다는 것을 알 수 있었다. Move-along test에서는 모든 단일 온도조건에서는 거의 발아하지 않았는데(Fig. 2-2-8), 특히 25/15℃의 고온으로 시작하여 온도를 점차 낮추어 5℃까지 배양한 이후에 다시 봄철의 15/6℃로 종자를 이동하면서 발아율이 급격히 증가하는 결과를 통하여, 복수초 종자의 휴면을 타파시키기 위해서는 고 → 중 → 저온의 온도의 단계적 변화가 필수적임을 알 수 있었다.

중온으로 이동하기 이전에, 얼마간의 고온조건이 필요한지 알아보기 위한 실험에서 25/15℃에 최소 6주 이상 처리한 후 가을철의 15/6℃로 이동해야 하며(Fig. 2-2-9A), 필드에 파종하더라도 최소 8월 말 이전에 파종해야 안정적으로 배발달이 완성되고 휴면이 타파된다는 것을 확인하였다(Fig. 2-2-9B).

겨울철의 저온기간이 휴면타파에 필수적이었는데, 배가 다 자란 시기인 11월 16일부터 매달 실험실로 입실하여 20/10℃에 배양하면서 어느 시기에 저온이 충족되는지를 알아보았다(Table 2-2-1). 실험 결과, 1월 21일 입실한 경우, 4주째 약 47%가 발아하였고, 2월 11일에 입실한 경우는 82% 발아하였다. 따라서 1월말에서 2월초 사이에 2차적인 휴면이 타파되기 위한 저온이 충족되는 것으로 판단된다.

휴면을 인위적으로 타파시키기 위해 GA를 처리하였다(Fig. 2-2-10, 11). 무처리구에서는 16주가 되어도 과피열개와 발아가 관찰되지 않았다. 반면에 GA 처리구에서는 과피열개와 발아가 관찰되었다. 그러나 농도에 따라서 다소 차이가 있었는데, 특히 GA 100, 1000ppm 처리구에서 과피열개가 촉진되었다. 그러나 발아율을 낮았는데, 100, 1000ppm 처리구 모두 10%도 되지 않았다. 따라서 GA 처리는 휴면을 타파시키진 못했다. 다만 GA 처리구에서는 대부분의 종자의 미숙배가 신장한 것을 확인할 수 있었는데(Fig. 2-2-11), 이는 GA 처리가 휴면타파를 위한 고온 → 저온의 온도 요구도에서 고온기를 대체하는 효과가 있음을 의미한다.

위 결과들을 통해서 복수초 종자는 형태생리학적휴면(MPD, morphophysiological dormancy)의 유형으로 분류할 수 있었다. 또한 배발달이 여름철의 고온기를 지난 후 가을철의 중온기에 급속히 신장하는 것을 통하여, 배발달은 상태적 고온에서 촉진된다는 것을 확인하였다. 이를 통해서 simple type의 MPD로 분류할 수 있었다. Simple MPD는 휴면타파를 위한 온도조건, 배가 자라는 온도, GA처리에 따른 휴면타파 유무에 따라 다시 6가지로 나눌 수 있다(Fig. 2-2-12). 이들 휴면유형 중, 고온과 저온이 둘다 필요한 경우 intermediate simple MPD와 deep simple MPD로 나눌 수 있는데, GA 처리를 통해 휴면이 타파되는 경우를 전자로, 휴면을 타파시키지 못하는 경우를 후자로 분류한다. 따라서 복수초 종자는 deep simple MPD로 분류할 수 있다.

결론적으로 복수초 종자의 휴면을 타파시키기 위해선 고온, 중온, 저온의 순차적인 변화가 필수적이고, 종자를 보관하다가 이후에 파종을 하더라도 최소한 8월말 이전에는 파종해야 휴면타파에 필요한 각 온도조건이 충족됨을 알 수 있었다.

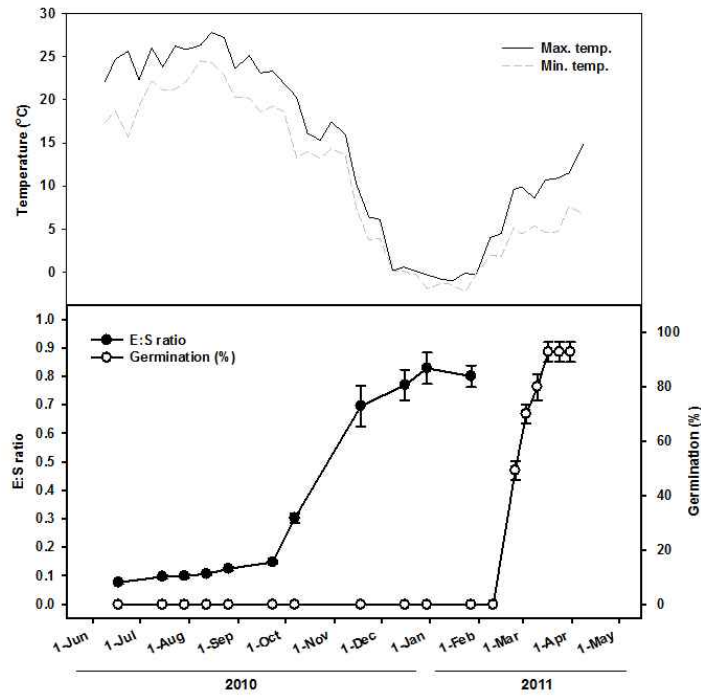


Fig. 2-2-3. Mean weekly maximum and minimum soil temperatures and phenology of embryo growth and germination of *Adonis amurensis* seeds buried at a depth of 3 cm in 2010. Vertical bars represent SE. The E:S ratio is the ratio of embryo length to seed length.



Fig. 2-2-4. Embryo growth and radicle emergence of *Adonis amurensis* seeds kept outdoor in Seoul, Korea in 2010. Split pericarp (dehiscence) was observed from Nov. 2010. Scale bars are 1 mm. Em, embryo; En, endosperm; Pe, pericarp; SC, seed coat.

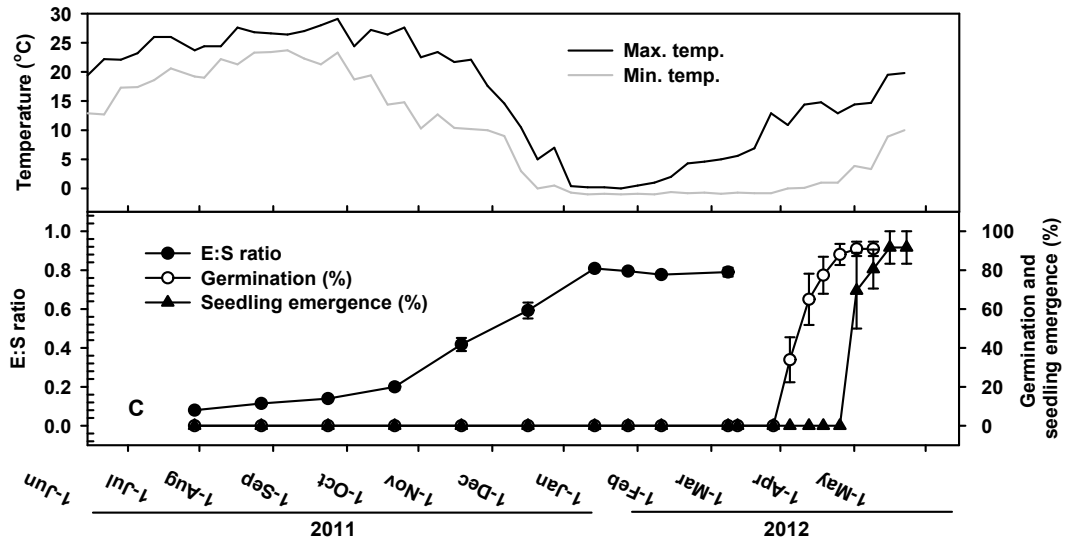


Fig. 2-2-5. Mean weekly maximum and minimum soil temperatures (A) and penology of embryo growth and germination of *Adonis amurensis* seeds buried at a depth of 3 cm in 2011. Vertical bars represent SE. The E:S ratio is the ratio of embryo length to seed length.



Fig. 2-2-6. Embryo growth, radicle emergence, and seedling emergence in seeds of *Adonis amurensis* kept outdoor in Seoul, Korea in 2011. Scale bars are 0.05 mm. Em, embryo; En, endosperm; Pe, pericarp; SC, seed coat.

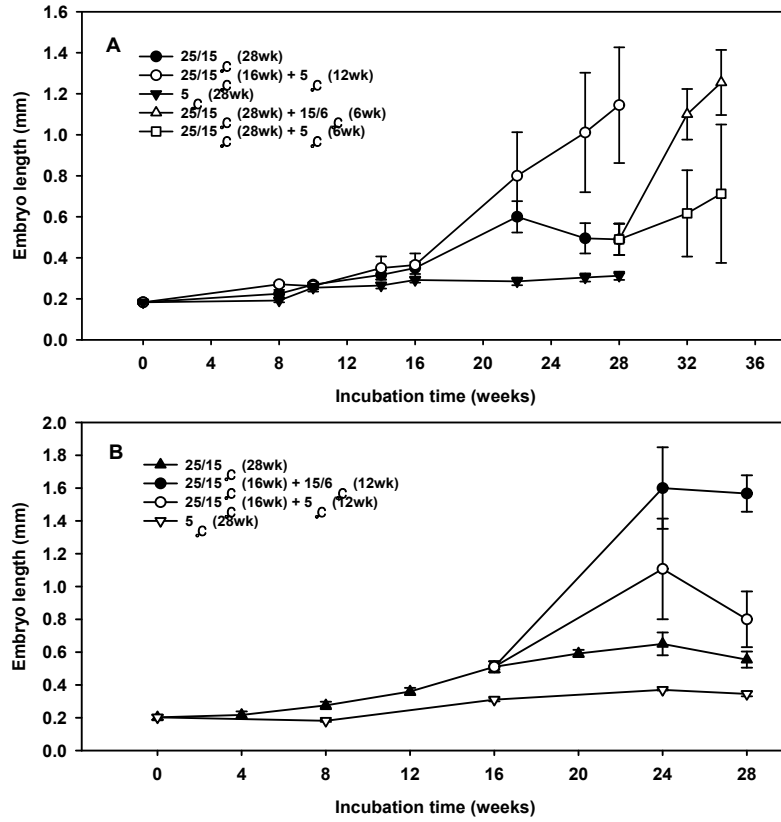


Fig. 2-2-7. Embryo length in seeds of *Adonis amurensis* as affected by temperature treatments. Seeds collected in 2010 (A) and 2011(B) were used for embryo growth study. Vertical bars represent SE.

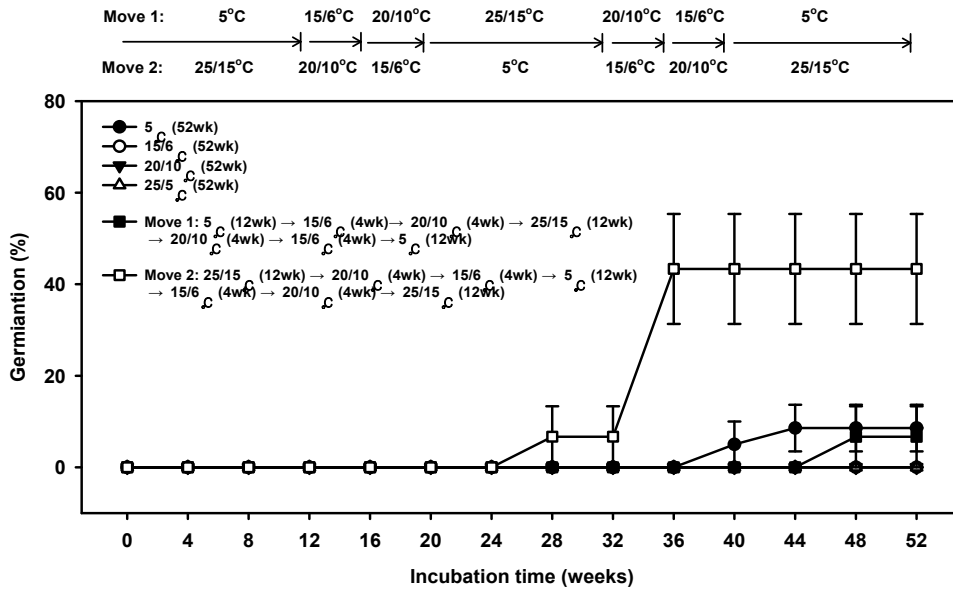


Fig. 2-2-8. Germination of *Adonis amurensis* seeds incubated under a constant temperature or a temperature sequence beginning at 25/15°C or at 5°C. Seeds collected in 2011 were used for this study. Vertical bars represent SE.

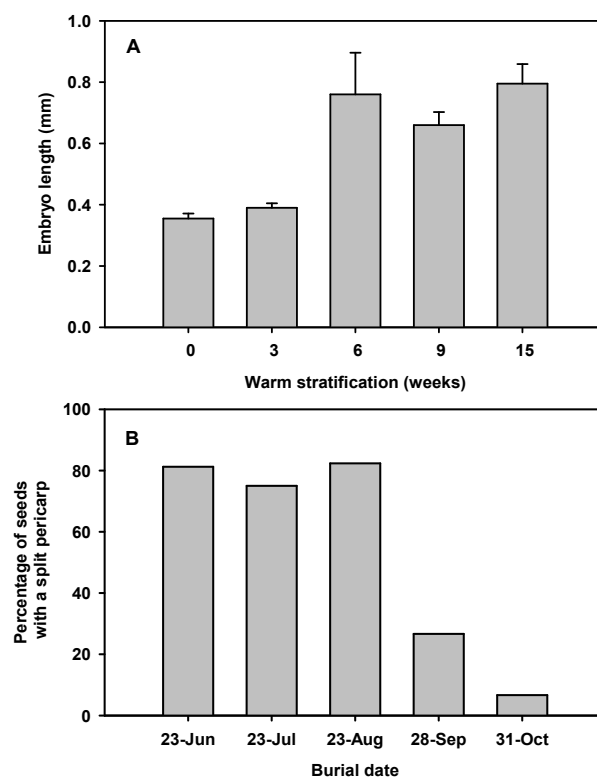


Fig. 2-2-9. Embryo length and mean percentage of seeds with a split pericarp in seeds of *Adonis amurensis* as affected by warm stratification period (A) and burial date (B), respectively, in an open field. Seeds were warm stratified at 25/15°C for 0, 3, 6, 9, or 15 weeks and then moved to 15/6°C. After 8 weeks of incubation at 15/6°C, embryo length was measured. For the effect of burial date on pericarp dehiscence, seeds were buried at five dates each in 2013 and a split pericarp was observed on 27 Dec. 2013. Vertical bars represent SE.

Table 2-2-1. Effect of exhumed dates on germination of *Adonis amurensis* seeds. Seeds were collected on 22 May in 2011 and buried in a field soil on 19 Jun. 2011. Exhumed seeds were incubated at 20/10°C and then germination percentage at 2 and 4 weeks of incubation was calculated.

Exhumed dates	Incubation time (weeks)	
	2	4
2011		
November 16	0.00 b ^z	0.00 c
December 17	0.00 b	11.11 c
2012		
January 21	26.67 b	46.67 b
February 11	76.67 a	82.22 a

^zGermination percentages followed by different letters in a column indicate significant differences at $P < 0.05$ (Tukey's honestly significant difference test).

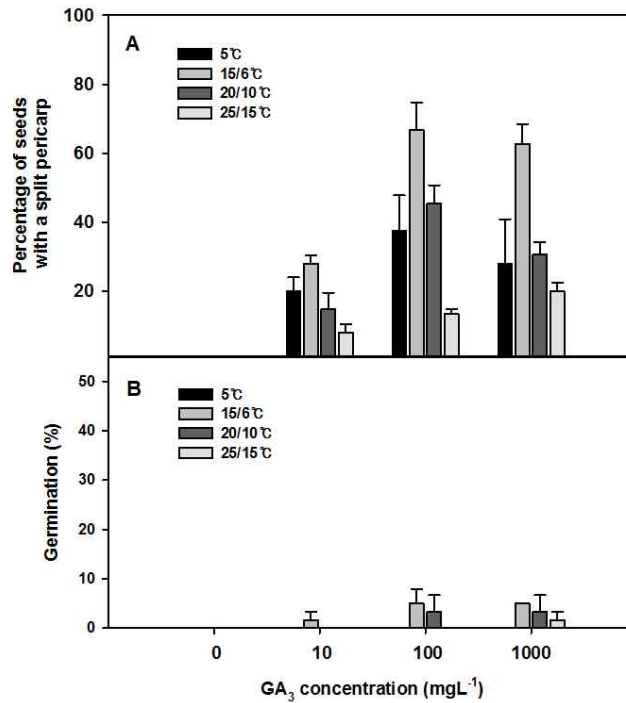


Fig. 2-2-10. Effect of a 0, 10, 100, or 1000 mg·L⁻¹ GA₃ treatment on mean percentage of seeds with a split pericarp (A) and mean final percentage germination (B) in seeds of *Adonis amurensis* after 16 weeks of incubation at four different temperature regimes. Seeds collected in 2011 were used. Vertical bars represent SE.

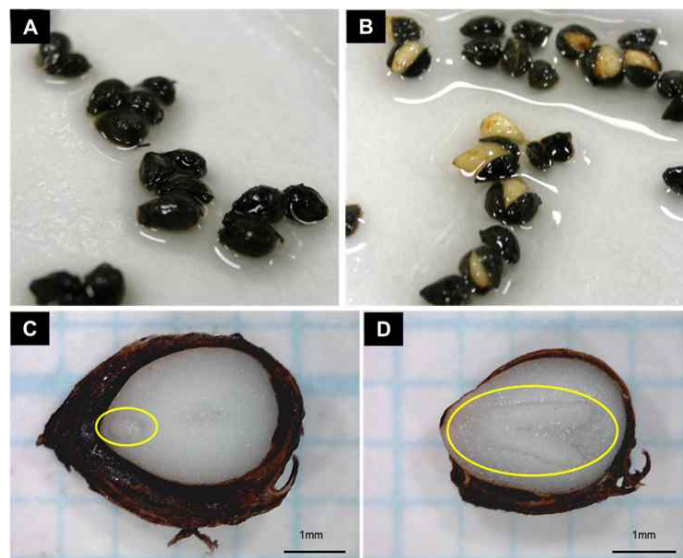


Fig. 2-2-11. Seed morphology without (A and C) or with GA treatment (B and D) in *Adonis amurensis*. Outside appearance (A and B) and longitudinal section (C and D) of the seeds treated 0 or 100 mg·L⁻¹ GA₃ were observed at 14 weeks of incubation at 15/6°C. Seeds collected in 2011 were used. GA increased the rate of embryo growth, but it did not substitute for cold stratification. Thus, no or few seeds germinated at spring temperatures (15–20°C).

Fig. 2-2-2. Nine types of morphophysiological dormancy (MPD) and temperature or temperature sequence required to break them (from Baskin and Baskin, 1998, 2004, 2014). This table was slightly modified from Baskin and Baskin (1998, 2004).

Type of MPD ^y	Temperature required ^z		GA overcomes dormancy	Example
	To break seed dormancy	At time of embryo growth		
Non-deep simple	W or C	W	+ ^x	<i>Thalictrum mirabile</i>
Intermediate simple	W + C	W	+	<i>Aralia mandshurica</i>
Deep simple	W + C	W	+/-	<i>Jeffersonia diphylla</i>
Non-deep simple epicotyl	W	W	?	<i>Viburnum odoratissimum</i>
Deep simple epicotyl	W + C	W	+/-	<i>Asarum canadense</i>
Deep simple double	C + W + C	W	?	<i>Trillium camschatcense</i>
Non-deep complex	W + C	C	+	<i>Merendera montana</i>
Intermediate complex	C	C	+	<i>Sambucus spp.</i>
Deep complex	C	C	-	<i>Aconitum napellus</i>
Specialized type of deep simple epicotyl	W + C	W	?	<i>Hydrastis canadensis</i>

^zW, warm ($\geq 15^{\circ}\text{C}$) stratification; C, cold ($0\text{--}10^{\circ}\text{C}$) stratification.

^yMPD, morphophysiological dormancy.

^x+, yes; +/-, yes/no (GA substitutes warm, but not for cold); -, no.

3. 매발톱꽃(*Aquilegia buergeriana*)

가. 연구목적

매발톱꽃은 복수초와 마찬가지로 미나리아재비과의 다년생 초화류로서, 정원용과 분화용 식물로 많이 이용되고 있다. 꽃잎 뒤쪽의 꽃빨이라고 하는 꿀주머니가 매의 발톱처럼 안으로 굽은 모양이어서 매발톱꽃이라고 이름이 지어졌는데, 화색이 다양할 뿐만 아니라 5월부터 많은 수의 꽃이 개화하기 때문에 관상가치가 뛰어난 자생식물이라 할 수 있다. 그간 자생 매발톱꽃과 하늘매발톱꽃의 종자 발아생리에 관한 연구는 일부 있었으나 종자휴면의 생태·생리와 휴면유형의 분류에 관한 연구는 없었다. 따라서 종자휴면의 생태생리를 파악하고, 휴면유형을 분류함과 동시에 실용적으로 이용할 수 있는 번식법을 구명하고자 한다.

나. 재료 및 방법

(1) 종자수집

2011년 6월 18일 경기도 용인소재 한택식물원에서 채종하였다. 종자들은 실험실 내에서 1-2주간 건조시킨 후 5℃ 저온 저장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

(2) 자연상태에서 배발달, 발아 및 유묘출현 관찰

① 배발달 관찰

정선한 종자 400립을 원예용 상토와 모래를 동일한 비율로 섞은 배양토에 배치한 후 지퍼백에 담아 노지에 묻었다. 주 1회 10개의 종자를 꺼내어 배의 길이를 측정하였다. 반으로 자른 종자를 해부현미경(KSZ-1B, Samwon Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)의 작업대에 올려놓고 micrometer가 장착된 접안렌즈로 관찰하면서 종자와 배의 길이를 측정하였다. 종자와 배의 길이를 측정 한 후 miview usb digital microscope (MV 1302U, CosView Technologies Co., Ltd., Shenzhen, China)를 이용해 60-200배율로 종자 내부를 촬영하였다. 또한 같은 종이더라도 종자의 크기가 다양하고 배의 길이도 차이가 있어서, 미숙배를 좀더 명확하게 표현할 수 있는 배(embryo)와 종자(seed)의 비율인 E:S ratio를 계산하였다.

② 발아 관찰

8cm 직경의 포트에 배양토를 어느 정도 채운 후 종자를 파종하였다. 파종 후 동일한 배양토로 피복한 후 포트를 지표면 높이와 동일하게 노지에 묻었다. 매주 포트를 꺼내어 발아 양상을 조사하였다. 각 포트에는 30립을 파종하였고 4반복으로 수행하였다.

③ 유묘출현 관찰

8cm 직경의 포트에 배양토를 어느 정도 채운 후 종자를 파종하였다. 파종 후 동일한 배양토로 피복한 후 포트를 지표면 높이와 동일하게 노지에 묻었다. 매주 떡잎의 출현 유무를 조사하였다. 각 포트에는 30립을 파종하였고 4반복으로 수행하였다.

④ 환경기록

자연상태에서의 배발달과 발아 양상을 환경데이터와 비교분석하기 위하여 데이터로거(Model

450, Watch Dog, Spectrum Technologies, Inc., USA)를 노지에 설치하여 기상환경과 지온을 기록하였다.

(3) 배 성장을 위한 온도 조건 구명

15/6°C, 20/10°C, 25/15°C의 변온조건과, 5°C, 20°C, 25°C의 항온조건으로 나누어 배양하면서 매주 배의 길이를 측정하였다. 90×15mm disposable petri dish에 여과지(Whatman No. 2) 2매를 깔고 benomyl 수화제(500 mg·L⁻¹)를 분무하여 약 1시간 정도 소독하였다. 소독 후 증류수로 세척한 후 종자를 치상하여 multi-room incubator (DS-13MCLP, Dasol Scientific Co., Ltd., Hwaseong, Korea)에서 배양하였다. 광도는 약 20μmol·s⁻¹·m⁻²였다.

(4) 광, 온도조건에 따른 발아

① 온도, 광조건에 따른 발아

15/6°C, 20/10°C, 25/15°C의 변온조건과, 5°C, 20°C, 25°C의 항온조건으로 나누어 배양하면서 매주 발아율을 조사하였다. 배양 조건의 위와 동일하였다.

② 고온층적처리가 발아에 미치는 영향

25°C에서 4, 8일간 각각 고온습윤 처리한 후 15/6°C, 20/10°C, 25/15°C에 배양하였다. 4주 동안 매주 발아율을 조사하였다. 배양 조건은 위와 동일하였다.

(5) 지베렐린(GA₃) 처리가 발아에 미치는 영향

GA₃를 0, 10, 100, 1,000mg·L⁻¹ 농도로 1일 침지한 후 5°C, 15/6°C, 20/10°C, 25/15°C에 배양하였다. 처리한 종자들을 위 실험과 동일한 조건에서 배양하였다.

다. 결과 및 고찰

매밭톱꽃종자는 성숙 당시에 종자크기의 약 11%정도 크기의 미성숙한 배를 가지고 있었다(Fig. 2-3-2). 이 미숙배는 자연상태에서 파종 후 곧바로 자라기 시작하여, 2주 정도 후에 대부분의 미숙배가 성숙되었다(Fig. 2-3-1). 배가 자라면서 곧바로 발아하기 시작하였고, 발아에 이어서 거의 한달 후에 대부분의 유묘가 출현하였다.

다양한 온도 조건에 따른 배발달 실험 결과 25/15°C, 25°C에서 배발달이 촉진되었다(Fig. 2-3-3). 그러나 항온 20도의 경우, 평균온도에서는 25/15°C와 같으나 배발달은 다소 지연되는 것을 확인할 수 있었는데, 이를 통하여 상대적인 고온조건이 배발달을 촉진시키는데 중요함을 알 수 있었다.

온도에 따른 발아율 실험 결과, 25/15°C와 항온 25°C에서 발아율이 높았던 반면, 항온 20°C와 20/10°C에서는 발아율이 낮아졌다. 5, 15/6°C에서는 거의 발아하지 않았다. 또한 광의 유무에 따른 실험결과, 25/15, 20/10 및 15/6°C의 모든 변온조건에서는 광의 유무에 따른 발아율 차이가 거의 없었으나, 항온 조건인 25, 20°C에서는 암조건의 발아율이 다소 낮게 나타났다.

일주일동안 25/15°C에서 고온층적처리한 후 25/15, 20/10, 15/6°C로 다시 옮겨 배양한 결과 특히, 발아가 거의 안되었던 15/6°C에서도 발아율이 증가되는 것을 확인하였다. GA처리 실험에서도 특히, 발아가 상대적으로 낮았던 20/10, 15/6°C의 발아율이 GA처리 후에 상당히 증가된 것을 확인하였다. 이러한 결과들은 단기간의 고온층적처리와 GA처리가 종자 내부의 미숙배의

발달을 촉진시켰기 때문으로 판단된다.

결론적으로 매발톱꽃의 종자는 25°C가 포함된 고온 조건에서 배발달과 발아가 촉진되고, 광 조건에서 발아가 촉진되었다. 또한 단기간의 고온충적처리나 GA 처리를 통해서 발아적은 범위의 상대적으로 낮은 온도에서도 발아율을 높일 수 있다는 것을 알 수 있었다.

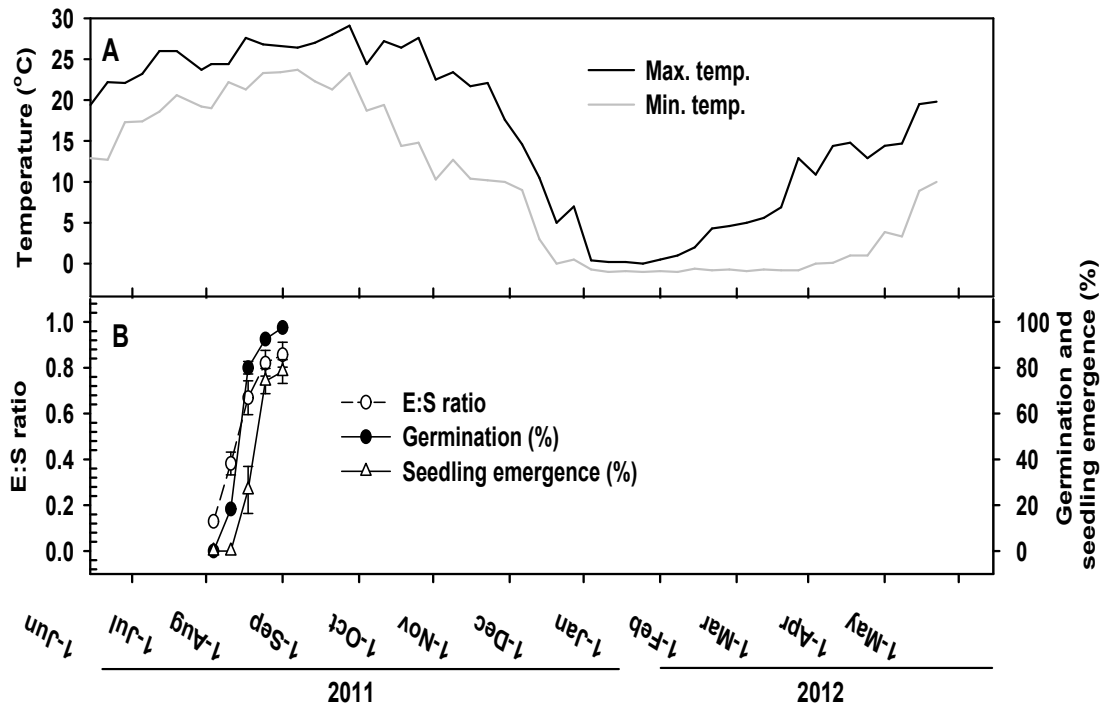


Fig. 2-3-1. Mean weekly maximum and minimum soil temperatures (A) and penology of embryo growth and germination (B) of *Aquilegia buergeriana* seeds buried at a depth of 3 cm in 2011. Vertical bars represent SE. The E:S ratio is the ratio of embryo length to seed length.



Fig. 2-3-2. Embryo growth, radicle emergence, and seedling emergence in seeds of *Aquilegia buergeriana* kept outdoor in Seoul, Korea in 2011. Scale bars are 0.05 mm. Em, embryo; En, endosperm; Pe, pericarp; SC, seed coat.

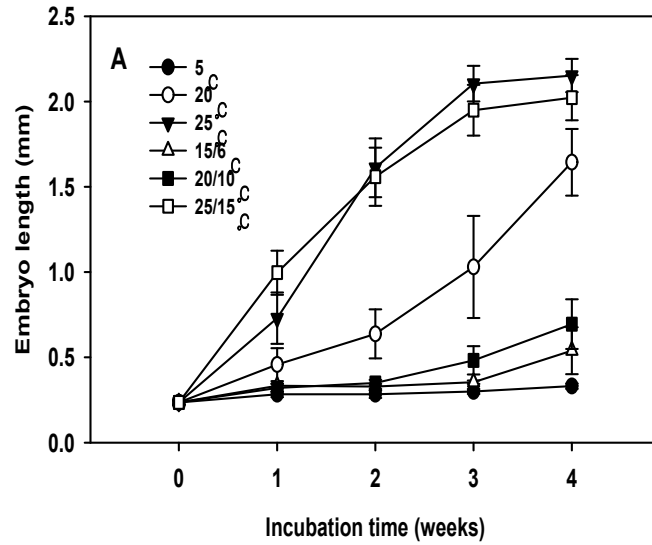


Fig. 2-3-3. Effect of constant and alternating temperature regimes on embryo growth in seeds of *Aquilegia buergeriana* in 2011. Vertical bars represent SE.

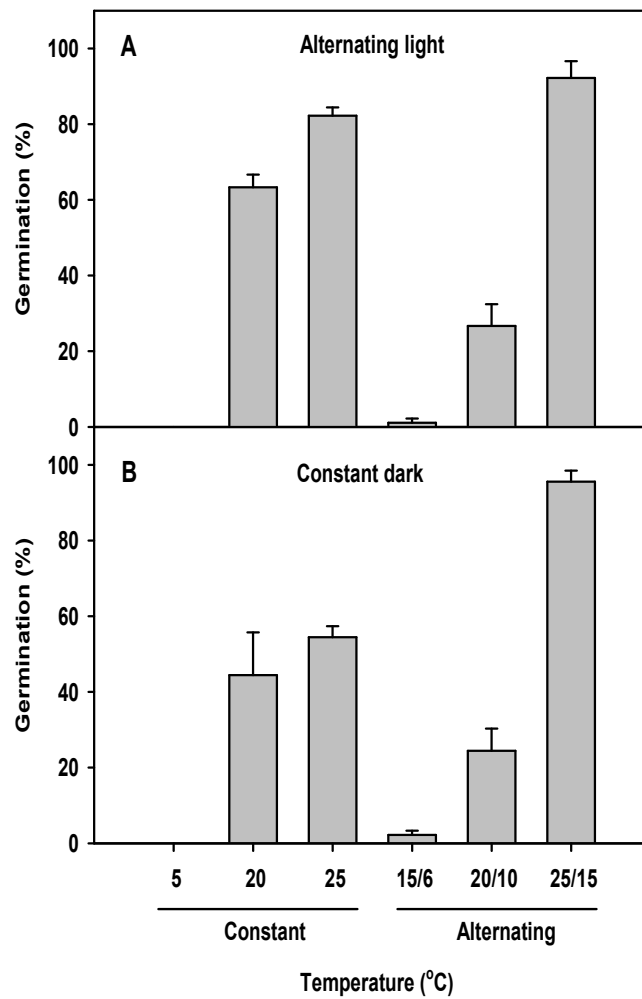


Fig. 2-3-4. Effect of different temperature regimes on seed germination after 4 weeks of incubation in *Aquilegia buergeriana* under light (12h photoperiod) (A) and constant dark conditions (B). Vertical bars represent SE.

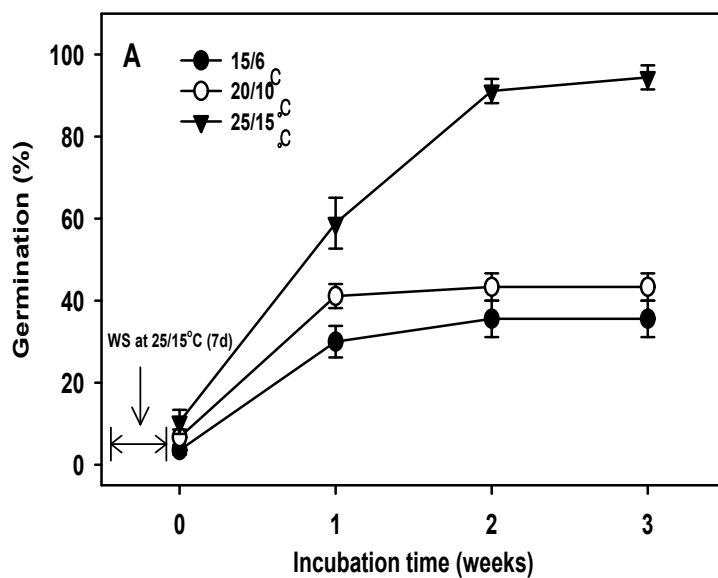


Fig. 2-3-5. Effect of warm stratification (WS) at 25/15°C on germination of *Aquilegia buergeriana* seeds. Seeds were warm stratified for 7 days before being moved to 15/6, 20/10, or 25/15°C. Vertical bars represent SE.

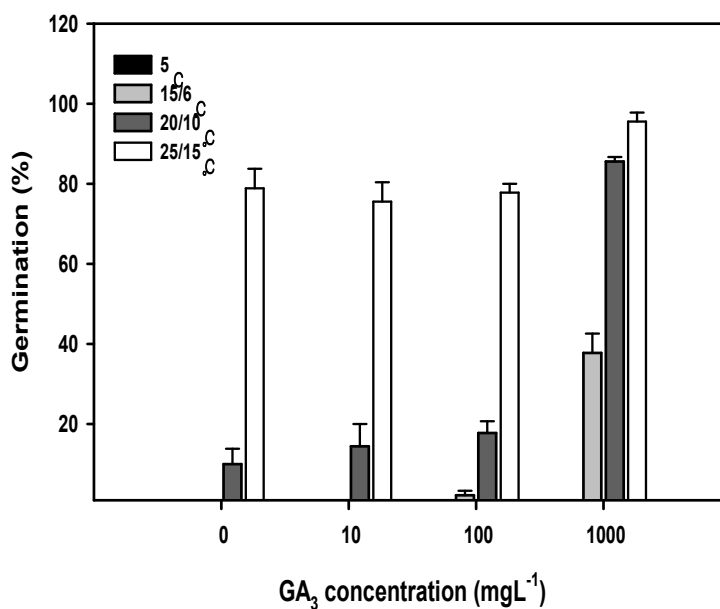


Fig. 2-3-6. Effect of GA₃ and temperature regimes on germination after 4 weeks of incubation in seeds of *Aquilegia buergeriana*. Vertical bars represent SE.

4. 동강할미꽃(*Pulsatilla tonkangensis*)

가. 연구목적

동강할미꽃은 미나리아재비과에 속하며 강원도 동강 유역의 산 바위틈에서 자라는 다년생 초본으로 우리나라 특산식물이다. 생육환경은 석회질이 많은 바위틈에서 자란다. 키는 약 15cm 이고, 잎은 7-8장의 작은 잎으로 되어 있고, 잎 윗면은 광채가 있고 아랫면은 진한 녹색이다. 꽃은 연분홍, 붉은자주, 청보라색이고 처음에는 위를 향해 피었다가 꽃자루가 길어지면서 옆을 향한다.

다른 할미꽃 종류와 다르게 꽃이 위를 향하여 관상가치가 뛰어나며, 한때 자생지가 불법 채취로 인하여 멸종위기 식물이기도 했다. 특히 본 연구과제의 협동연구책임자인 한택식물원 이택주 원장이 발견하여 명명한 식물이기도 하다. 꽃은 4월달에 개화하기 때문에 중요한 관상용 춘계단명식물이라 할 수 있다. 그러나 번식방법에 관한 실용적인 연구결과가 전무하다. 따라서 본 연구에서는 자생 동강할미꽃의 종자번식방법을 구명하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 종자수집

2012년 5월 7-18일에 강원도에 위치한 영월군 농업기술센터에서 재배중이던 동강할미꽃에서 종자를 채종하였다. 종자들은 실험실 내에서 1-2주간 건조시킨 후 5℃ 저온 저장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

(2) 자연상태에서 배발달, 발아 및 유묘출현 관찰

① 배발달 관찰

정선한 종자 200립을 원예용 상토와 모래를 동일한 비율로 섞은 배양토에 배치한 후 지피백에 담아 노지에 묻었다. 6일 간격으로 30개의 종자를 꺼내어 배의 길이를 측정하였다. 또한 같은 종이더라도 종자의 크기가 다양하고 배의 길이도 차이가 있어서, 미숙배를 좀더 명확하게 표현할 수 있는 배(embryo)와 종자(seed)의 비율인 E:S ratio를 계산하였다.

② 발아 관찰

8cm 직경의 포트에 배양토를 어느 정도 채운 후 종자를 파종하였다. 파종 후 동일한 배양토로 피복한 후 포트를 지표면 높이와 동일하게 노지에 묻었다. 6일 간격으로 포트를 꺼내어 발아 양상을 조사하였다. 각 포트에는 30립을 파종하였고 3반복으로 수행하였다.

③ 유묘출현 관찰

8cm 직경의 포트에 배양토를 어느 정도 채운 후 종자를 파종하였다. 파종 후 동일한 배양토로 피복한 후 포트를 지표면 높이와 동일하게 노지에 묻었다. 6일 간격으로 떡잎의 출현 유무를 조사하였다. 각 포트에는 30립을 파종하였고 3반복으로 수행하였다.

④ 환경기록

자연상태에서의 배발달과 발아 양상을 환경데이터와 비교분석하기 위하여 데이터로거(Model

450, Watch Dog, Spectrum Technologies, Inc., USA)를 노지에 설치하여 기상환경과 지온을 기록하였다.

(3) 온도 조건에 따른 미숙배의 발달

배발달을 위한 적절한 온도를 구명하기 위해서 다양한 온도 조건에서 배양하며, 4일 간격으로 종자 내부의 배의 길이를 측정하였다. 5°C, 15/6°C, 20/10°C, 25/15°C 온도에 배양하였고, 광조건에서 배양하였다.

(4) 온도조건에 따른 발아

15/6°C, 20/10°C, 25/15°C, 30/20°C의 변온조건과, 5°C, 15°C, 20°C, 25°C의 항온조건으로 나누어 배양하면서 6일 간격으로 발아율을 조사하였다. 배양 조건은 위와 동일하였다.

(5) 단기간의 고온처리 처리가 발아에 미치는 영향

동강할미꽃 종자는 5월경에 모식물체에서 탈리되기 때문에, 이후 여름철의 고온기를 겪는다. 따라서 여름동안의 고온기가 종자발아에 어떠한 영향을 미치는지 알아보하고자 25/15°C에 6일간 처리한 후 15/6°C, 20/10°C, 25/15°C의 온도에 배양하였다.

(6) 지베렐린 처리가 발아에 미치는 영향

GA₃를 0, 10, 100, 1,000mg·L⁻¹ 농도로 1일 침지하여 5°C, 15/6°C, 20/10°C, 25/15°C에 배양하였다. 처리한 종자들을 90×15mm disposable petri dish에 여과지(Whatman No. 2) 2매를 깔고 benomyl 수화제(500 mg·L⁻¹)를 분무하여 약 1시간 정도 소독하였다. 소독 후 증류수로 세척한 후 20립 3반복 완전임의 배치하여 multi-room incubator (DS-13MCLP, Dasol Scientific Co., Ltd., Hwaseong, Korea)에서 배양하였다. 광도는 약 20μmol·s⁻¹·m⁻²였다.

다. 결과 및 고찰

자연상태에서의 배발달, 발아 및 유묘출현을 조사하였다(Fig. 2-4-1, 2). 초기의 배는 종자길이의 약 20% 정도였으나 노지에 파종 후 6일이 지났을 때 급속히 신장하는 것을 알 수 있었다. 이후 12일째가 되었을 때 배의 신장은 거의 완료되었다. 발아는 파종 6일까지 미미하다가 12일째가 되면서 급속히 증가하여 18일째 약 80%의 종자가 발아하였다. 유묘출현은 파종 12일째부터 나타났고 계속 증가되다가 약 한달 경과 후 대부분 출현하였다. 따라서 동강할미꽃 종자의 경우 채종 당시 미숙배 종자여서 형태적으론 휴면상태였으나 30일 내에 배발달과 발아가 완성되어 깊은 휴면성은 없는 것으로 판단되었다. 이러한 과정은 사진에서도 확인할 수 있었다(Fig. 2-4-2). 12일째 배발달이 거의 완성되고, 18일째에는 일부 종자들의 유근이 돌출되고 유묘출현도 관찰할 수 있었다.

기내에서 각 배양 온도별 배발달 양상을 조사하였다(Fig. 2-4-3). 그래프에서 보는 바와 같이 25/15°C, 30/20°C의 고온에서 배발달이 촉진되었다. 반면, 온도가 낮아질수록 배발달이 지연되는 것을 확인하였다. 따라서 자연상태에서는 5월에 종자가 모식물체에서 탈리되어, 이후 여름철의 고온기에 곧바로 배가 신장하고, 발아하는 것으로 판단된다.

항온과 변온조건으로 온도를 달리하여 배양하였다(Fig. 2-4-4). 항온 조건일 경우 15-25°C간에 뚜렷한 차이는 없었고, 발아율은 70% 이상이였다. 변온조건에서는 다른 양상을 보였는데,

25/15℃까지는 온도가 높아지면서 발아율도 높아졌으나 30/20℃에서는 발아율이 떨어졌다. 변온조건에서는 25/15℃에서 약 84%로 가장 높은 발아율을 보였다. 따라서 동강할미꽃을 실용적으로 육묘할 경우 20/10℃ 이하의 상대적 저온과 30/20℃ 이상의 고온은 피해야 할 것으로 판단되었다.

본 연구실의 기존 연구에서 상당수 춘계 단명종들은 미숙배 종자들이 많고, 휴면이 타파되기 위해서 저온처리 전에 반드시 고온기를 겪어야만 한다는 것을 구명하였다. 이러한 점에 착안하여 동강할미꽃 종자를 6일동안 고온에 처리한 후 각 온도에 배양하여 발아율을 조사하였다(Fig. 2-4-5). 15/6℃에 배양할 경우 4주후 발아율이 30% 미만이었지만(Fig. 2-4-4), 6일동안 고온에 처리한 후 배양할 경우 24일 후 발아율이 80% 가까이 도달한 것을 알 수 있다. 따라서 동강할미꽃 종자는 휴면성이 깊지 않은 종자이지만, 고온층적처리가 상대적 저온에서도 발아를 촉진시켰다고 판단할 수 있다. 이러한 결과를 통하여 종자가 탈리된 이후의 여름철 고온기는 동강할미꽃 개체군 내에서 불리한 환경 조건에서도 발아할 수 있는 능력을 증가시키는 역할을 한다는 것을 알 수 있었다.

지베렐린 처리 실험에서, 무처리구의 경우 온도가 높아질수록 발아율이 증가하였는데, 25/15℃에서 약 70% 이상의 발아율을 보였다(Fig. 2-4-6). 그러나 GA처리 농도가 높아질수록 오히려 발아율은 낮아졌는데, GA를 처리한 종자들의 경우, 고온에 배양하면 활력이 떨어지는 것을 관찰할 수 있었다. 다만 발아율이 저조했던 15/6℃에서 약간 증가하는 경향을 보였다. 단기간의 고온층적처리가 상대적 저온에서 발아할 수 있는 능력을 증가시켰음을 알 수 있었는데, 따라서 이러한 결과는 종자의 내생 지베렐린이 관여하고 있음을 시사하고 있다.

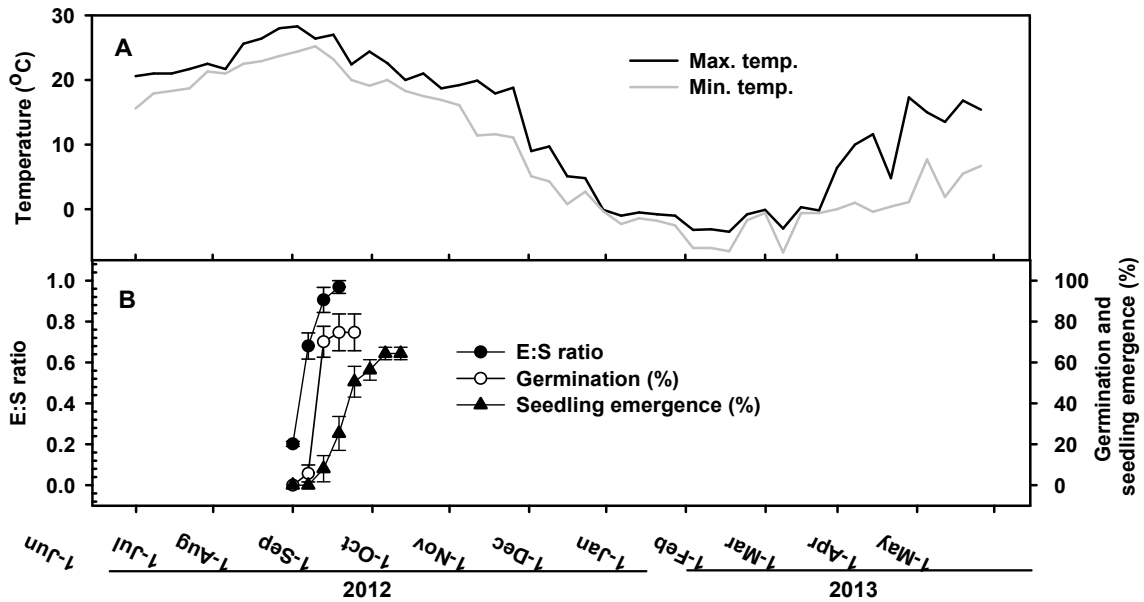


Fig. 2-4-1. Mean daily maximum and minimum soil temperatures (A) and phenology of embryo growth and germination (B) of *Pulsatilla tonkangensis* seeds buried at a depth of 3 cm in 2012. Vertical bars represent SE. The E:S ratio is the ratio of embryo length to seed length.

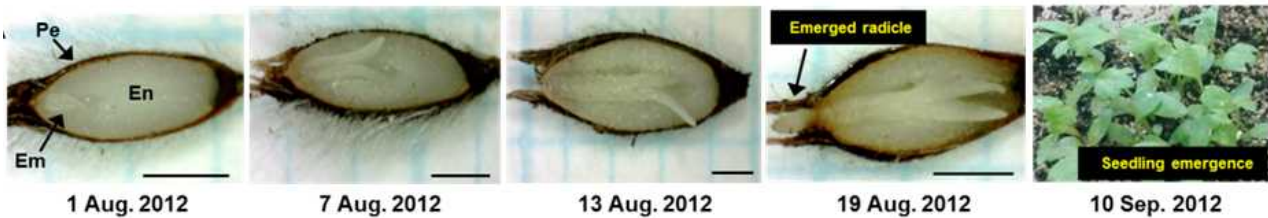


Fig. 2-4-2. Embryo growth, radicle emergence, and seedling emergence in seeds of *Pulsatilla tonkangensis* kept outdoor in Seoul, Korea in 2012. Scale bars are 1 mm. Em, embryo; En, endosperm; Pe, pericarp; SC, seed coat.

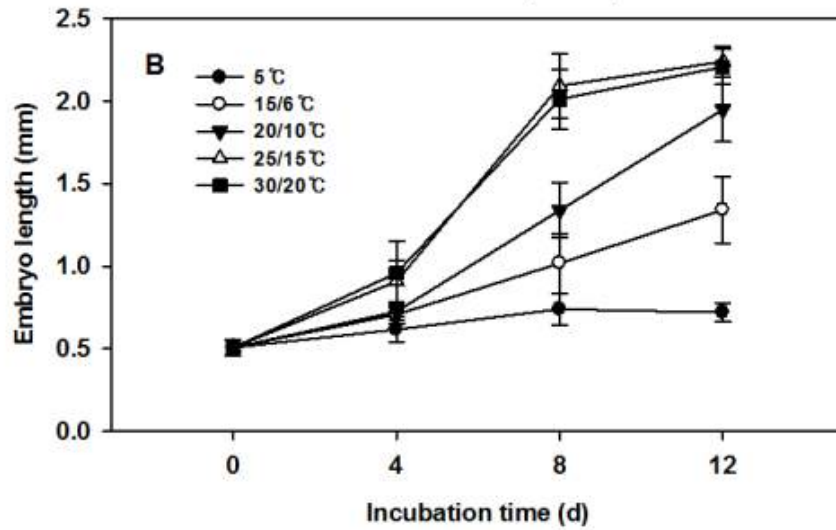


Fig. 2-4-3. Effect of temperature regimes on embryo growth of *Pulsatilla tonkangensis* seeds in 2012. Vertical bars represent SE.

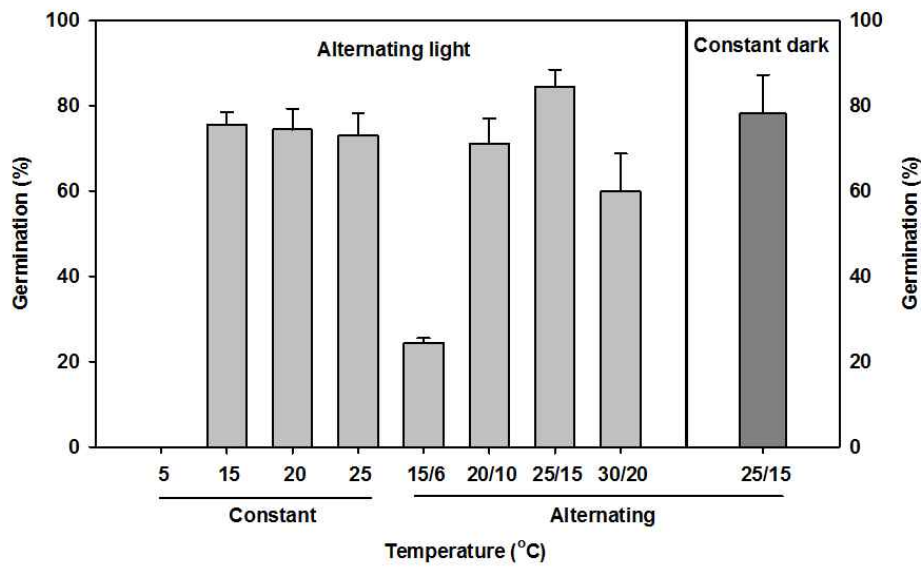


Fig. 2-4-4. Effect of different temperature regimes on seed germination after 4 weeks of incubation in *Pulsatilla tonkangensis* under alternating light (12h photoperiod) and constant dark conditions. Vertical bars represent SE.

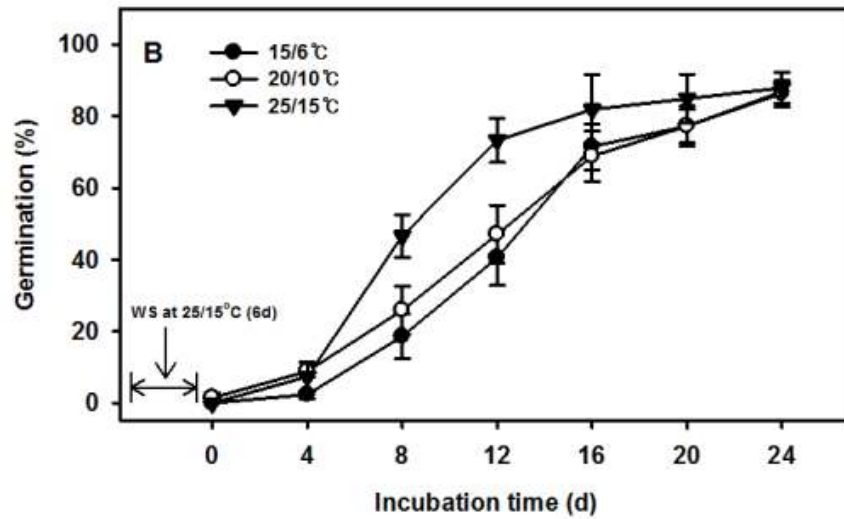


Fig. 2-4-5. Effect of warm stratification (WS) at 25/15°C on germination of *Pulsatilla tonkangensis* seeds. Seeds were warm stratified for 6 days before being moved to 15/6, 20/10, or 25/15°C. Vertical bars represent SE.

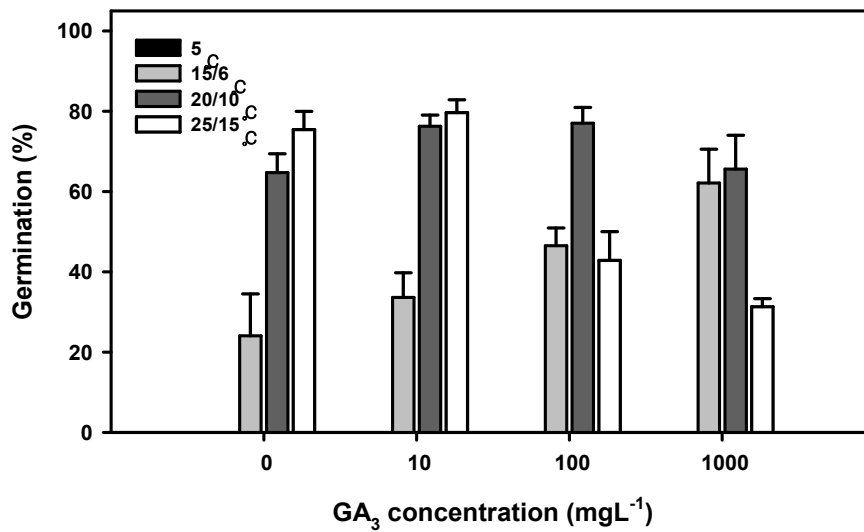


Fig. 2-4-6. Effect of GA₃ and temperature regimes on germination after 4 weeks of incubation in seeds of *Pulsatilla tonkangensis*. Vertical bars represent SE.

5. 바위미나리아재비, 왜미나리아재비(*Ranunculus crucilobus*, *R. franchetii*)

가. 연구목적

왜미나리아재비는 제주도를 비롯한 우리나라 전역에 분포한다. 대관령 등지에도 군락을 이루고 생육한다. 4-5월에 황색의 꽃이 피고 식물체의 크기가 작고 꽃이 예쁘므로 작은 장식화분에 심어 초물분재감으로 매우 좋은 소재이다. 바위미나리아재비는 제주도 한라산의 고지대에 자생하는 숙근성 식물로 한반도 특산식물이다. 노란색의 꽃이 5-6월에 계속 개화한다. 이 두 식물은 꽃이 진한 노란색으로 군락으로 식재하면 관상가치가 매우 뛰어난 자생식물들이다. 그러나 번식에 관한 정보가 전혀 없는 종들로 본 연구에서는 종자번식을 위한 기초자료를 제시하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 종자수집

바위미나리아재비 종자는 2012년 5월 30일, 6월 1일에 경기도 용인소재 한택식물원에서 채종하였다. 왜미나리아재비 종자는 2013년 5월 29일에 강원도 강릉의 자생지에서 채종하였다. 이때 상당수의 종자가 탈리되었는데, 지표면에 떨어진 종자도 수집하여 실험에 사용하였다. 채종 후 실험실 내에서 1주 정도 후숙시킨 후 5℃ 저온저장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.



Fig. 2-5-1. Flowering of *Ranunculus crucilobus* (left) and *R. franchetii* (right) growing in the Hantaek Botanical Garden. Photograph was taken on May 15 (left) and April 18 in 2012.

(2) 자연상태에서 배발달, 발아 및 유묘출현 관찰

바위미나리아재비 종자는 2012년 8월 16일, 2013년 7월 23일에 서울대학교 농업생명과학대학 실험 정원에 파종하였다. 왜미나리아재비는 2013년 7월 23일에 파종하였다. 400개 정도의 종자를 원예용 상토에 파종한 후 지퍼백에 담아 노지에 묻었다. 매달 1-2회 10-20개의 종자를 실험실로 가져와 반으로 자른 종자를 해부현미경(KSZ-1B, Samwon Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)의 작업대에 올려놓고 micrometer가 장착된 접안렌즈로 관찰하면서 종자와 배의 길이를 측정하였다. 종자와 배의 길이를 측정 한 후 miview usb digital microscope (MV 1302U, CosView Technologies Co., Ltd., Shenzhen, China)를 이용해 60-200배율로 종자 내부를 촬영

하였다. 또한 같은 종이더라도 종자의 크기가 다양하고 배의 길이도 차이가 있어서, 미숙배를 좀더 명확하게 표현할 수 있는 배(embryo)와 종자(seed)의 비율인 E:S ratio를 계산하였다.

뿐만 아니라, 매달 2회 이상 발아양상과 유묘출현율을 조사하였다. 발아와 유묘출현 실험용 종자는 30립 3반복으로 하였다. 종자를 모래에 파종한 후 플라스틱 망으로 피복한 후 10cm 플라스틱 포트에 배치하였다. 배치한 후 포트를 원예용 상토로 충전한 후 서울대학교 실험용 정원에 배치하였고, 매 시기마다 꺼내어 관찰하였다.

(3) 배생장을 위한 온도 조건 구명

4가지 온도조건에 종자를 배양하면서 배의 생장을 관찰하였다. 25/15°C, 5°C에 16주간 배양하면서 배의 발달을 조사하였고, 다른 종자들은 고온에서 저온 또는 저온에서 고온조건으로 이동시키면서 배의 신장을 관찰하였다.

- ① 25/15°C
- ② 25/15°C → 15/6°C
- ③ 25/15°C → 5°C
- ④ 5°C
- ⑤ 5°C → 25/15°C

패트리디쉬 위에 filter paper 2매를 깔고 그 위에 파종한 후 배양하면서 조사하였다. 모든 온도 조건에서 광은 12h 일장으로 조사하였다.

(4) 발아를 위한 온도 조건 구명: move-along test

Move-along test는 복수초 종자의 실험에서와 같이 6가지 온도조건을 세팅하여 실험하였다. 20립 3반복의 종자를 각 온도처리별로 세팅하여 실험하였다. 대조구로 5, 15/6, 20/10, 25/15°C를 세팅하였고, move-along 처리로서 5°C의 겨울철 온도로 시작하는 경우, 25/15°C의 여름철 온도로 시작하는 처리구를 두었다.

(5) 저온처리 기간이 발아에 미치는 영향

바위미나리아재비 종자는 5°C에 0, 4, 8, 12주간 처리한 후 25/15°C에 배양하면서 발아율을 조사하였다. 왜미나리아재비의 경우, 자연상태에 7월에 파종한 종자가 가을철에 발아하였다. 따라서 발아한 종자가 배측휴면을 가지는지를 알아보기 위해서, 자연상태에서 발아한 종자를 실험실로 가져와 배양하면서 유묘출현 유무를 조사하였다.

(6) 지베렐린(GA₃) 처리를 통한 휴면타파

2012년에 채종한 종자를 GA₃ 0, 10, 100, 1,000mg·L⁻¹ 농도에 1일 침지 처리한 후 5°C, 15/6, 20/10, 25/15°C에 배양하였다. 배양하면서 과피가 열개(pericarp dehiscence)되는 정도와 발아율을 조사하였다. 또한 2013년도에 채종한 종자들은 GA처리뿐만 아니라, fluridone 20ppm, fluridone 20ppm + GA 100ppm에 처리하였다. 처리한 종자들을 90×15mm disposable petri dish에 여과지(Whatman No. 2) 2매를 깔고 benomyl 수화제(500 mg·L⁻¹)를 분무하여 약 1시간 정도 소독하였다. 소독 후 증류수로 세척한 후 30립 3반복 완전임의 배치하여 multi-room incubator (DS-13MCLP, Dasol Scientific Co., Ltd., Hwaseong, Korea)에서 배양하였다. 배양기의 광도는 약 20μmol·s⁻¹·m⁻²였다.

(7) 환경기록

자연상태에서의 배발달과 발아 양상을 환경데이터와 비교분석하기 위하여 데이터로거(Model 450, Watch Dog, Spectrum Technologies, Inc., USA)를 노지에 설치하여 기상환경과 지온을 기록하였다. 온도센서를 종자와 비슷한 깊이에 묻었고 매 30분마다 온도가 기록되도록 하였다. 기온과 지온의 최저, 최고온도를 계산하였다.

다. 결과 및 고찰

바위미나리아재비 종자는 채종 시점에 종자크기에 비해 매우 작은 배를 가지고 있었다(Fig. 2-5-3). 이 미숙배는 여름철의 고온기를 지나고 가을철에 접어드는 9월부터 조금씩 자라기 시작하였다(Fig. 2-5-2, 4). 겨울동안의 저온기간 동안에도 지속적으로 신장하였고 이듬해 2월경 평균 지온이 영상으로 올라가면서 급속히 자라기 시작하였다. 배가 다 자란 이후에 3월부터 발아하기 시작하였고, 3월말부터 4월초 사이에 대부분의 종자가 유묘를 출현시켰다(Fig. 2-5-2, 5).

왜미나리아재비의 경우는 바위미나리아재비와 전혀 다른 양상을 보여주었다(Fig. 2-5-4, 5). 왜미나리아재비의 미숙배는 여름철의 고온기를 지난 후 가을철에 접어드는 9월이 되면서 자라기 시작하였다. 그러나 바위미나리아재비와는 달리 겨울철의 저온기에 접어들어 이전인 10월-11월 초에 미숙배의 신장이 완성되었고, 이어서 곧바로 발아가 진행되어 11월 말경에는 대부분의 종자가 발아하였다. 발아된 이후에 겨울철의 저온기를 지나고 이듬해 봄에 유묘가 출현하였다.

바위미나리아재비의 종자를 다양한 온도조건에 배양하면서 미숙배의 신장하는 과정을 관찰하였다(Fig. 2-5-6). 25/15℃에 지속적으로 배양한 처리구와 25/15℃에 배양하다가 15/6℃ 또는 5℃로 이동한 처리구에서는 배의 신장이 저조하였다. 그러나 5℃에 지속적으로 배양하거나 5℃에 8주간 배양하다가 25/15℃로 이동한 처리구에서는 배의 신장이 촉진되었다. 그러나 두 처리구에는 유의적인 차이는 없었다. 따라서 바위미나리아재비의 미숙배의 신장은 저온조건에서 일어나는 것으로 판단되었다.

뿐만 아니라, 바위미나리아재비의 종자를 다양한 온도조건에 배양하면서 발아율을 조사하였다(Fig. 2-5-7). 특히 5℃에 10주간 배양하다가 15/6, 20/10℃로 점차 온도를 올려주는 처리구에서 발아율이 급속히 증가된 것을 확인하였다. 또한 5℃에 배양한 처리구에서도 12주 이후부터 발아율이 지속적으로 증가하는 것을 확인하였다. 따라서 종자의 휴면타파를 위해서는 저온조건이 필요한데, 이 저온조건에서 배의 신장이 촉진되면서 생리적인 휴면이 타파되어 이후의 고온조건에서 발아율이 급속히 증가되었던 것으로 판단된다.

저온기간별로 처리한 경우에도 5℃에 12주간 처리한 후 25/15℃에 배양할 경우, 4주 후에 약 80%가량 발아된 것을 확인하였다(Fig. 2-5-8). 발아된 종자는 정상적으로 유묘를 출현시켰다. 그러나 왜미나리아재비의 경우는 다른 양상을 보였는데, 특히 자연상태에서 11월에 발아한 종자를 실험실로 옮겨 배양한 경우 약 100일이 지나도 유묘가 출현하지 않아서 발아된 이후에도 저온처리를 받아야지만 2차적인 휴면이 타파되어 유묘가 출현하는 배축휴면이 있음을 확인하였다(Fig. 2-5-9).

바위미나리아재비 종자를 GA와 fluridone 단독 또는 복합처리하였다(Fig. 2-5-10). GA를 단독으로 처리한 경우 1000ppm에서 30% 미만의 낮은 발아율을 보였다. 그러나 fluridone을 단일

처리하거나 GA와 혼용처리한 경우, 발아율이 상당히 높아졌다. 이는 바위미나리아재비 종자의 휴면에 있어서 내생 ABA가 깊이 관여하고 있음을 시사한다.

바위미나리아재비의 종자는 휴면을 타파시키기 위해 저온처리가 필수적이었다. 또한 종자의 미숙배는 저온조건에서 신장되었다. 그러나 GA 처리는 휴면을 완벽하게 타파시키지 못하였다. 이상의 결과를 통하여 바위미나리아재비의 종자는 deep complex MPD(형태생리적휴면)로 분류할 수 있었다. 이와는 달리, 왜미나리아재비의 경우, 미숙배를 갖는 종자는 여름철의 고온기를 지난 후 가을철의 중온기에 접어들어야 배가 자라고 발아가 되었다. 그러나 발아된 이후에도 겨울철의 추가적인 저온처리가 수반되어야 정상적으로 유묘를 출현시킬 수 있는 배축휴면을 가지고 있었는데, 이러한 결과들을 통하여 deep simple epicotyl MPD로 종자휴면의 유형을 분류할 수 있었다. 따라서 두 종 모두 종자가 탈리된 이듬해의 비슷한 시기에 유묘를 출현시키지만, 종자휴면을 타파시키기 위한 전략이 상이하다는 것을 확인하였고, 이를 통하여 한반도 자생종들의 종자휴면이 다양하다는 것을 확인할 수 있었다.

그러나 왜미나리아재비의 경우, 종자를 충분히 확보하는데 상당히 어려움이 있어서, 추후 다양한 온도처리 및 GA 처리를 통한 발아촉진 방법이 추가적으로 연구되어야 할 것이다.

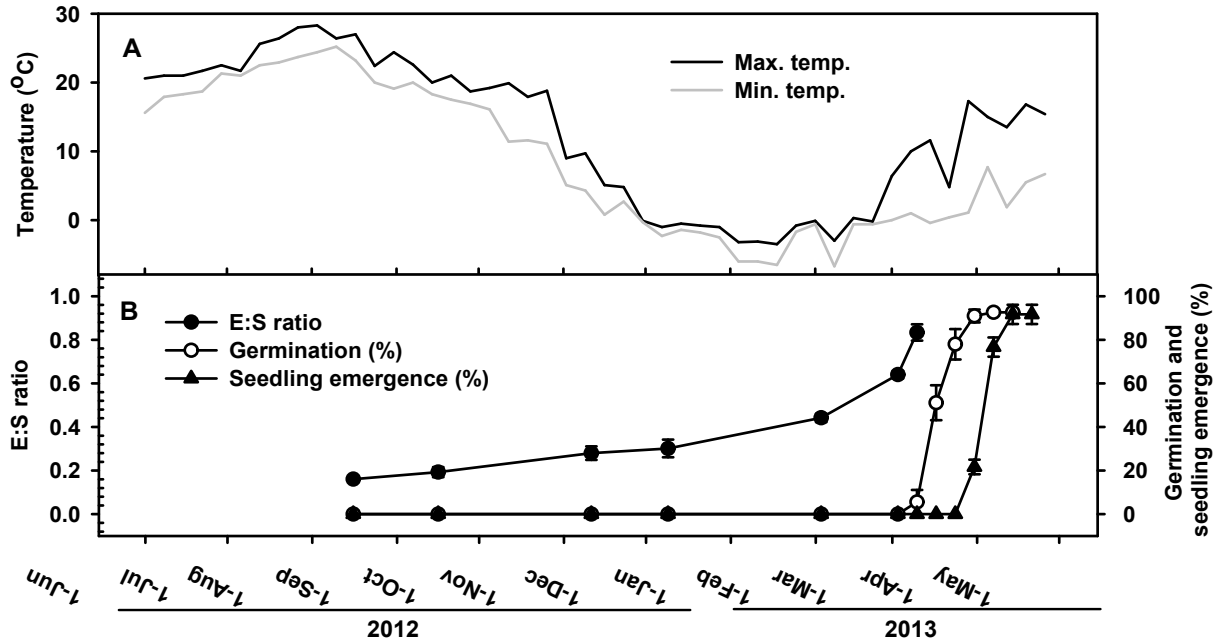


Fig. 2-5-2. Mean daily maximum and minimum soil temperatures (A) and phenology of embryo growth and germination (B) of *Ranunculus crucilobus* seeds buried at a depth of 3 cm in 2012. Vertical bars represent SE. The E:S ratio is the ratio of embryo length to seed length.



Fig. 2-5-3. Embryo growth, radicle emergence, and seedling emergence of *Ranunculus crucilobus* seeds kept outdoor in Seoul, Korea in 2012. Scale bars are 1 mm. Em, embryo; En, endosperm; Pe, pericarp; SC, seed coat.

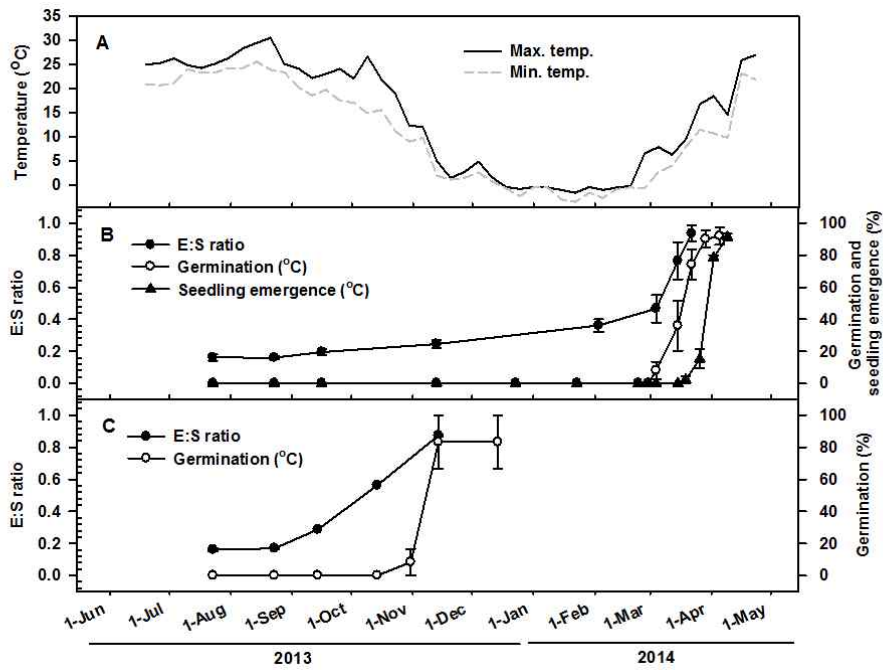


Fig. 2-5-4. Mean daily maximum and minimum soil temperatures (A) and phenology of embryo growth, germination or seedling emergence of *Ranunculus crucilobus* (B) and *R. franchetii* (C) seeds buried at a depth of 3 cm in 2013. Vertical bars represent SE. The E:S ratio is the ratio of embryo length to seed length.

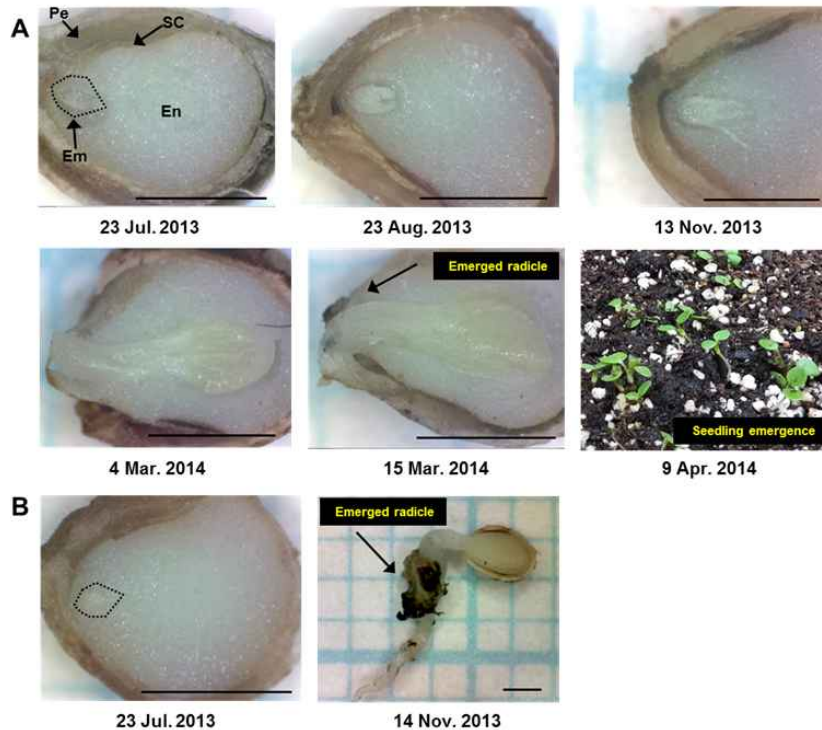


Fig. 2-5-5. Embryo growth, radicle emergence, or seedling emergence in seeds of *Ranunculus crucilobus* (A) and *R. franchetii* (B) kept outdoor in Seoul, Korea in 2013. Scale bars are 1 mm. Em, embryo; En, endosperm; Pe, pericarp; SC, seed coat.

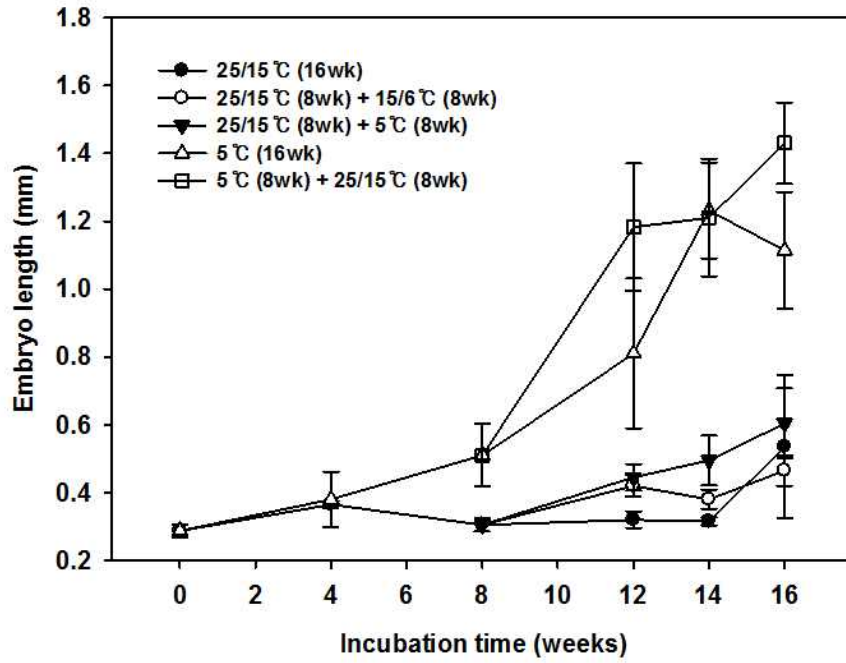


Fig. 2-5-6. Embryo length in seeds of *Ranunculus crucilobus* as affected by temperature treatments. Seeds collected in 2013 were used for this study. Vertical bars represent SE.

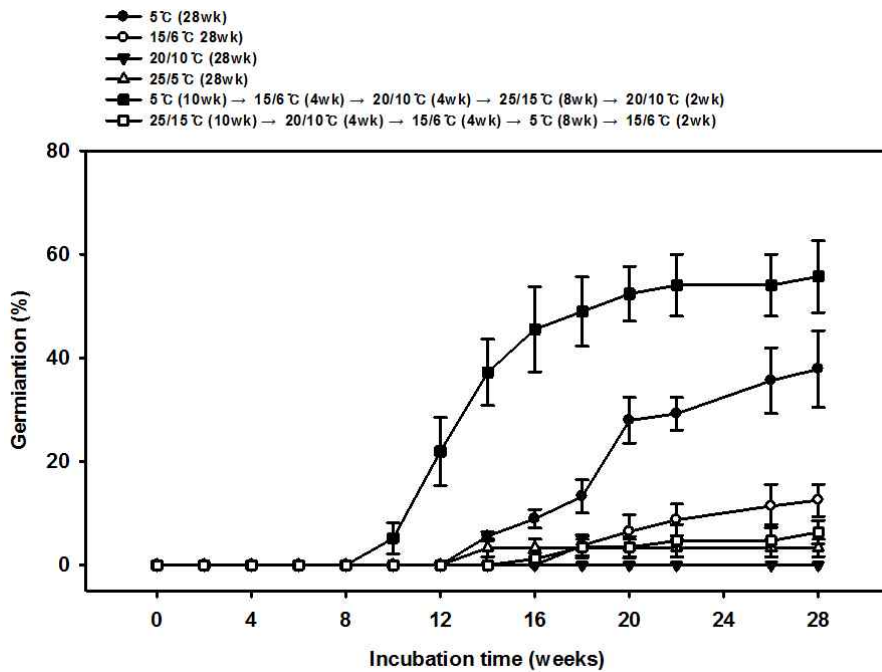


Fig. 2-5-7. Germination of *Ranunculus crucilobus* seeds incubated under a constant temperature or a temperature sequence beginning at 25/15°C or at 5°C. Seeds collected in 2013 were used for this study. Vertical bars represent SE.

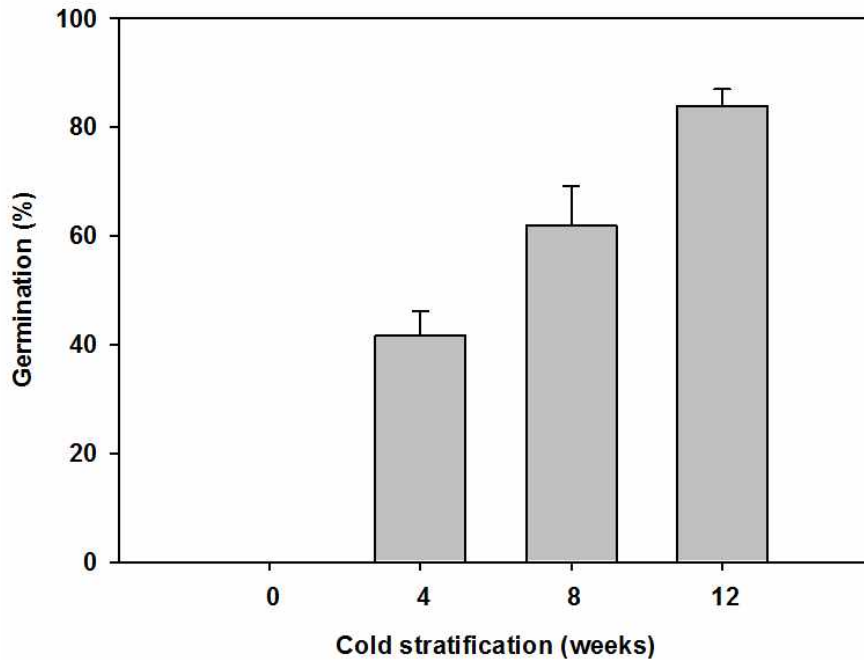


Fig. 2-5-8. Percent germination of *Ranunculus crucilobus* seeds after 4 weeks of incubation at 25/15°C as affected by 0, 4, 8, or 12 weeks of cold stratification at 5°C. Seeds collected in 2013 were used. Vertical bars represent SE.

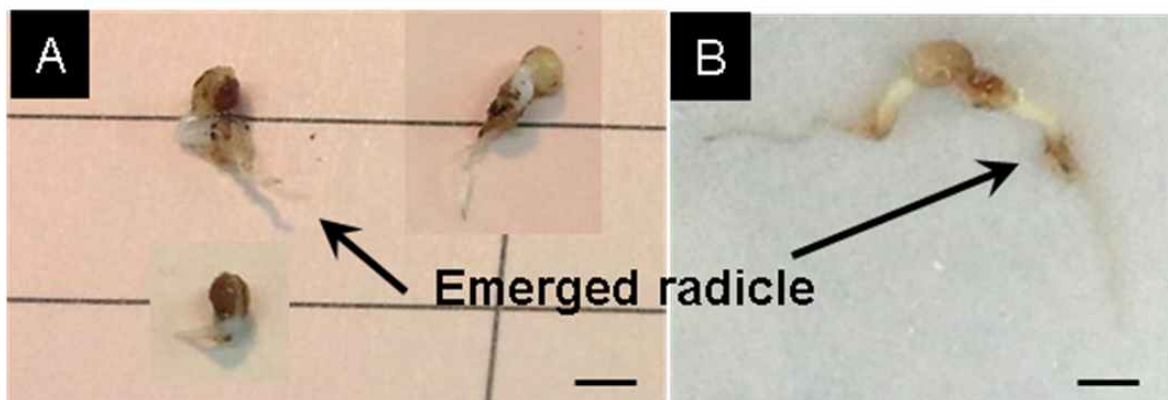


Fig. 2-5-9. Germinated seeds (A) on 14 Nov. 2013 in a field and the seeds (B) incubated for 80 days at room temperatures (20-25°C) after moving them to laboratory in *Ranunculus franchetii*. Although germinated seeds in the field in autumn were moved to warm temperature conditions in laboratory, no seedlings emerged after more than 100 days. Seeds collected in 2013 were used. Vertical bars = 2mm.

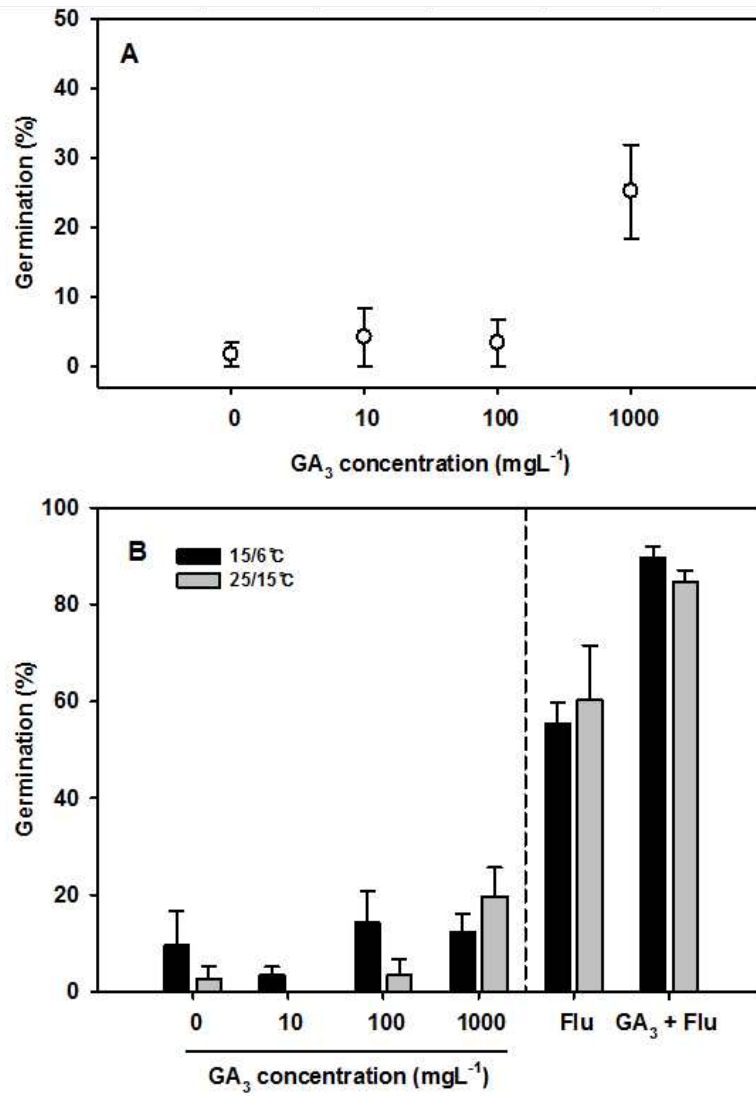


Fig. 2-5-10. Effect of GA₃ and Fluridone (Flu) treatment on mean percentage germination in seeds of *Ranunculus crucilobus* after 12 weeks of incubation. Seeds collected in 2012 (A) and 2013 (B) were used. Seeds in 2012 (A) were incubated at only 25/15°C after the treatments. Vertical bars represent SE.

6. 꿩의다리 3종 : 금꿩의다리, 자주꿩의다리, 연잎꿩의다리(*Thalictrum rochenbrunianum*, *T. uchiyamai*, *T. coreanum*)

가. 연구목적

금꿩의다리는 지루한 장마가 끝남과 동시에 황금빛의 아름다운 꽃을 피워 더위를 식혀주는 청량제와 같은 야생화이다. 중부이북의 습기가 많은 산골짜기나 산기슭에 자생하며 높이 70-100cm정도 자라는 여러해살이풀이다. 현재 한반도 특산식물로 지정되어 있다. 관상과 식용으로 쓰인다. 흠뜨려짐이 없이 단정한 모습으로 곧추 자란 줄기가 시원스럽고, 7월에 줄기의 끝부분에서 피어나는 꽃은 자줏빛의 꽃받침과 황금빛의 수술이 빛어낸 색상의 조화가 무척 아름답다. 공원의 물가나 습기가 많은 곳에 여러 포기를 모아심어 높으면 7월에 장관을 이룬다. 이른 봄에 돋아난 어린잎과 줄기는 나물로 식용하고 뿌리는 꿩의다리와 같이 민간에서 고혈압, 무좀 등의 치료약으로 사용하고 있다. ‘금꿩의다리’라는 이름은 잎과 줄기의 모양에서 마치 꿩의 다리를 연상케 하고 수술의 색상이 금빛처럼 노랑색이기 때문에 앞에 “금”이라는 접두사를 붙여 만들어진 이름이다. 주로 종자로 번식을 한다. 자주꿩의다리도 여름철 자주색의 꽃이 6-7월에 개화하는 한반도 특산 자생식물이다. 연잎꿩의다리는 주로 중북부지방에서 음습한 계곡 바위곁에서 자란다. 한반도 멸종위기 식물로 지정되어있다. 6월에 월줄기 끝에 발달한 원추화서에 의한 자주색의 꽃이 핀다.

우리나라에 자생하는 꿩의다리류는 관상가치가 뛰어난 자생식물이지만 번식방법이 전혀 연구된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 많은 미나리아재비과의 종자가 미숙배를 가지고 있으며, 휴면성이 깊다는 점에 착안하여 자연상태에서의 배발달과 발아 양상을 조사하고 휴면을 타파시킬 수 있는 방법을 구명하여 종자번식을 위한 기초자료를 얻고자 하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 종자수집

금꿩의다리 종자는 2011년 9월 12-24일에, 자주꿩의다리 종자는 2011년 9월 24-30일에, 연잎꿩의다리는 8월 30일에 경기도 용인소재 한택식물원에서 채종하였다. 채종 후 실험실 내에서 1주 정도 후숙시킨 후 5°C 저온저장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

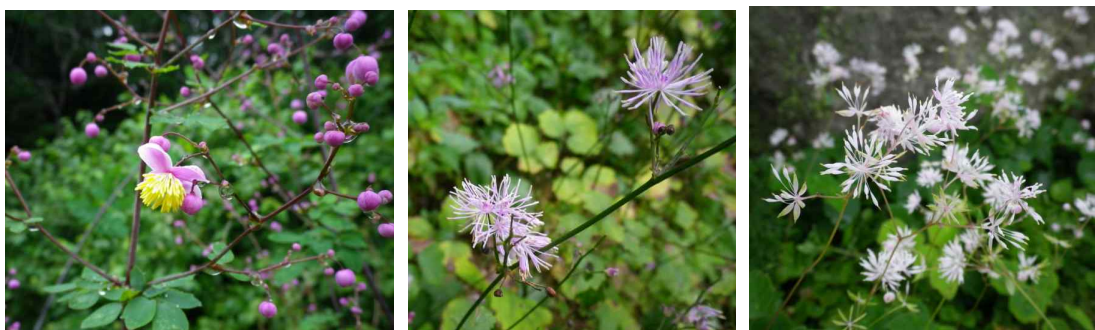


Fig. 2-6-1. Flowering of *Thalictrum rochenbrunianum* (left), *T. uchiyamai* (middle), and *T. coreanum* (right) growing in the Hantaek Botanical Garden. Photograph was taken on July 11, 2011 (right), September 21, 2012 (middle), and June 6, 2011 (right), respectively.

(2) 자연상태에서 배발달, 발아 및 유묘출현 관찰

금평의다리과 자주평의다리 종자는 2011년 9월 28일에 서울대학교 실험 정원에 파종하였다. 연잎평의다리 종자는 2012년 10월 7일에 파종하였다. 약 400개 정도의 종자를 원예용 상토에 파종한 후 지퍼백에 담아 노지에 묻었다. 매달 1-2회 10-20개의 종자를 실험실로 가져와 반으로 자른 종자를 해부현미경(KSZ-1B, Samwon Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)의 작업대에 올려놓고 micrometer가 장착된 접안렌즈로 관찰하면서 종자와 배의 길이를 측정하였다. 종자와 배의 길이를 측정 한 후 miview usb digital microscope (MV 1302U, CosView Technologies Co., Ltd., Shenzhen, China)를 이용해 60-200배율로 종자 내부를 촬영하였다. 또한 같은 종이어도 종자의 크기가 다양하고 배의 길이도 차이가 있어서, 미숙배를 좀더 명확하게 표현할 수 있는 배(embryo)와 종자(seed)의 비율인 E:S ratio를 계산하였다.

뿐만 아니라, 매달 2회 이상 발아양상과 유묘출현율을 조사하였다. 발아와 유묘출현 실험용 종자는 30립 3반복으로 하였다. 종자를 모래에 파종한 후 플라스틱 망으로 피복한 후 10cm 플라스틱 포트에 배치하였다. 배치한 후 포트를 원예용 상토로 충전한 후 서울대학교 실험용 정원에 배치하였고, 매 시기마다 꺼내어 관찰하였다.

(3) 배생장을 위한 온도 조건 구명

4가지 온도조건에 종자를 배양하면서 배의 생장을 관찰하였다. 25/15°C, 5°C에 지속적으로 배양하면서 배의 발달을 조사하였고, 다른 종자들은 고온에서 저온 또는 저온에서 고온조건으로 이동시키면서 배의 신장을 관찰하였다.

① 25/15°C

② 25/15°C → 5°C

③ 5°C

④ 5°C → 25/15°C

금평의다리과 자주평의다리 종자는 패트리디쉬 위에 원예용 상토를 채우고 파종한 후 매 1-2주 간격으로 배의 발달을 조사하였다. 연잎평의다리 종자는 패트리디쉬에 filter paper 2매를 깔고 종자를 파종한 후 배양하면서 배의 발달을 조사하였고, 실험 중 일장은 12h 조건으로 세팅하였다.

(4) 발아를 위한 온도 조건 구명: move-along test

Move-along test는 복수초 종자 및 바위미나리아재비의 실험에서와 같이 6가지 온도조건을 세팅하여 실험하였다. 20립 3반복의 종자를 각 온도처리별로 세팅하여 실험하였다. 대조구로 5, 15/6, 20/10, 25/15°C를 세팅하였고, move-along 처리로서 5°C의 겨울철 온도로 시작하는 경우, 25/15°C의 여름철 온도로 시작하는 처리구를 두었다.

(5) 고온과 저온처리 기간이 발아에 미치는 영향

금평의다리과 자주평의다리 종자는 1°C 또는 5°C에 0, 4, 8, 12주간 처리한 후 25/15°C에 배양하면서 발아율을 조사하였다. 또한 평의다리의 종자가 탈리되는 시점이 가을철인데, 겨울철의 저온기에 접어들기 전에 일정기간의 고온기를 겪는다는 점에 착안하여 25/15°C에 6주간 처리한 후 1°C 또는 5°C에 각 기간별로 처리한 후 다시 25/15°C에 배양한 처리구를 두었다. 연잎

평의다리 종자는 5°C에 0, 3, 6, 8, 12주간 처리한 후 25/15°C에 배양하였다.

뿐만 아니라, 평의다리 세종을 자연상태에 파종한 후에, 10월부터 이듬해 1월까지 시기별로 실험실로 입실하여 25/15°C에 배양하였다. 이 실험은 겨울철의 저온요구도가 어느 시점에 충족되는지를 알아보기 위한 실험이었다.

(6) 지베렐린(GA₃) 처리를 통한 휴면타파

채종한 종자를 GA₃ 0, 10, 100, 1,000mg·L⁻¹ 농도에 1일 침지 처리한 후 5°C, 15/6, 20/10, 25/15°C에 배양하였다. 처리한 종자들을 90×15mm disposable petri dish에 여과지(Whatman No. 2) 2매를 깔고 benomyl 수화제(500 mg·L⁻¹)를 분무하여 약 1시간 정도 소독하였다. 소독 후 증류수로 세척한 후 30립 3반복 완전임의 배치하여 multi-room incubator (DS-13MCLP, Dasol Scientific Co., Ltd., Hwaseong, Korea)에서 배양하였다. 배양기의 광도는 약 20μmol·s⁻¹·m⁻²였다.

(7) 환경기록

자연상태에서의 배발달과 발아 양상을 환경데이터와 비교분석하기 위하여 데이터로거(Model 450, Watch Dog, Spectrum Technologies, Inc., USA)를 노지에 설치하여 기상환경과 지온을 기록하였다. 온도센서를 종자와 비슷한 깊이에 묻었고 매 30분마다 온도가 기록되도록 하였다. 기온과 지온의 최저, 최고온도를 계산하였다.

다. 결과 및 고찰

평의다리 3종 모두 종자가 모식물체에서 탈리되는 시점에 종자크기의 약 20% 내외 크기의 미성숙한 배를 가지고 있음을 확인할 수 있었다(Fig. 2-6-3, 5). 이 미성숙배는 종자가 탈리된 가을철부터 겨울철 저온기간 동안 거의 자라지 않았다(Fig. 2-6-2, 4). 그러나 이듬해 평균 지온이 5°C 이상 올라가면서 배가 급속히 신장하였고, 배의 신장이 완료되면서 곧바로 발아가 시작되었다. 발아된 종자에서는 3월 말부터 4월 초순경 대부분의 유묘가 출현하였다. 따라서 종자가 탈리된 후에 약 7개월 정도의 긴 기간이 지나서야 유묘가 출현한다는 것을 알 수 있었고, 깊은 휴면성이 있음을 확인할 수 있었다.

다양한 온도조건에서 배발달을 조사하였다. 세 종 모두 종자를 5°C에 배양한 후 25/15°C의 고온조건으로 옮겨주었을 때 배의 신장이 급속히 진행되었다(Fig. 2-6-6). 따라서 미숙배의 휴면은 저온조건에서 타파되며, 이후 고온조건과 만났을 때 급속히 신장한다는 것을 알 수 있었다. 다만 5°C 항온에 지속적으로 배양한 경우에도 배의 신장은 지속적으로 진행되었다. 그러나 종에 따라 다소 차이는 있으나, 소요 기간이 다소 길다는 점을 확인하였다.

다양한 온도조건에서 발아양상을 조사하였다(Fig. 2-6-7, 8, and 9). 세 종 모두 종자를 5°C에 배양하다가 15/6°C, 20/10°C로 온도를 점차 옮겨주는 처리구에서 발아율이 가장 촉진되었다. 이는 종자의 배휴면 뿐만 아니라, 생리적인 휴면도 저온조건에서 타파되며 이후의 고온조건과 만나면서 발아가 촉진된다는 것을 의미한다. 그러나 종에 따라 차이는 있었는데, 연잎평의다리 종자의 경우, 5°C에 지속적으로 배양한 경우에도 약 10주 정도부터 발아가 시작되어 16주째 80% 정도의 종자가 발아하였다(Fig. 2-6-9).

1°C와 5°C의 저온에 각 기간별로 처리하여 휴면타파 유무를 조사하였다(Table 2-6-1). 금평의다리 종자는 5°C에 4주 이상 처리한 경우 휴면이 효과적으로 타파되었다. 자주평의다리의 경

우는 8주 이상 처리한 경우 휴면이 타파되었다. 두 종 모두 1℃의 저온보다는 5℃의 저온이 더 효과적이었다. 그러나 자주깽의다리의 경우, 저온을 처리하기 전에 6주간 고온처리를 한 경우 최종발아율이 더 높아졌는데, 이는 종자가 자연상태에서 탈리되는 시점에 일정기간의 고온기를 겪을 경우 휴면이 더욱 효과적으로 타파된다는 것을 의미한다. 연잎깽의다리의 경우 5℃의 저온에 약 6주 이상 처리하면 휴면이 타파되었다. 결론적으로 종에 따라서 저온요구도가 다소 차이가 있음을 확인할 수 있다.

겨울철의 저온기간동안 어느시점에 저온요구도가 충족되는지를 알아보기 위해서, 각 시기별로 종자를 입실하여 배양하였다(Table 2-6-2). 금깽의다리 종자는 12월, 자주깽의다리는 1월 연잎깽의다리는 1월에 입실한 경우 휴면이 타파되었다. 종합적으로 종자의 휴면타파를 위한 저온요구도는 자주깽의다리 > 연잎깽의다리 > 금깽의다리 순으로 나타났다.

휴면을 인위적으로 타파하고 발아를 촉진시키기 위해서, GA를 처리하였다(Fig. 2-6-10). 금깽의다리는 1000ppm을 처리한 경우 15/6, 20/10, 25/15℃ 모두에서 80% 이상의 높은 발아율을 보였다. 배양기간이 길어지면서 5℃에서도 12주째 80%이상 발아하였다. 자주깽의다리의 경우, 100ppm에 처리한 후 25/15℃에 배양한 경우에 80% 이상 발아하였다. 연잎깽의다리 종자는 1000ppm에 처리한 후 25/15℃에 배양한 경우 70% 이상 발아하였다. 따라서 종에 따라 처리 농도와 배양 온도 조건에 다소 차이가 있음을 알 수 있었다.

깽의다리 3종 모두 미성숙배를 갖고 있으며, 휴면성으로 인해 수개월간 발아가 지연되었다. 따라서 형태생리적휴면 즉, MPD로 분류할 수 있다. 또한 배발달이 저온을 거친 후 고온조건에서 촉진되었던 점, 휴면을 타파시키기 위해 저온조건이 필수적이었던 점을 통해 simple MPD로 분류할 수 있었다. 뿐만 아니라, GA처리를 통해 휴면을 효과적으로 타파시킬 수 있었던 결과들을 통하여 이 세종이 non-deep simple MPD의 휴면유형임을 분류할 수 있었다.

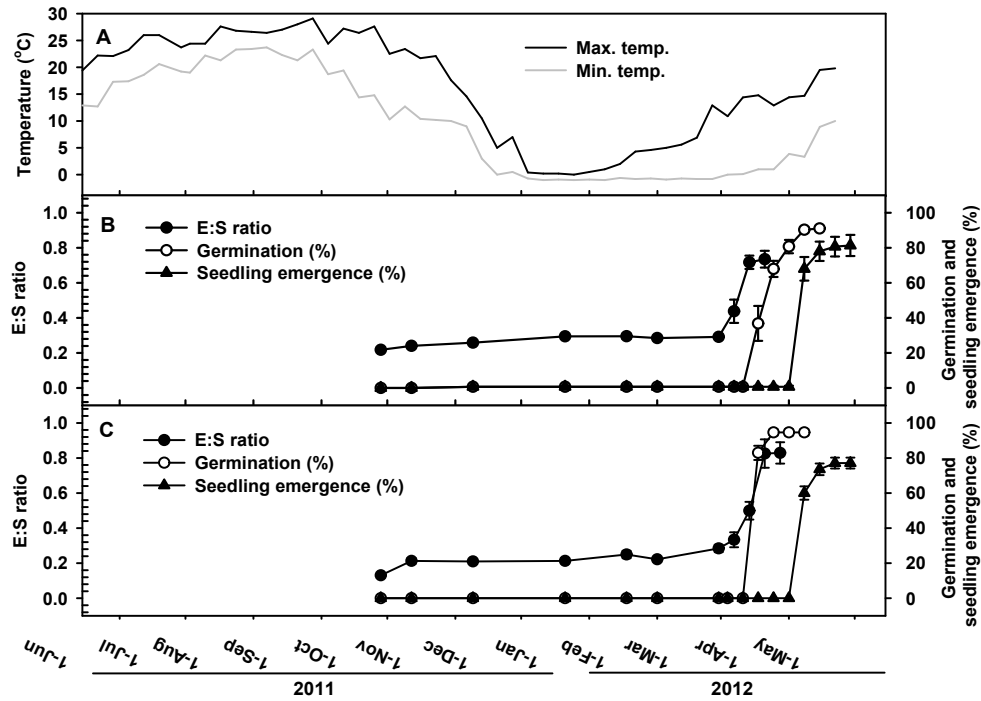


Fig. 2-6-2. Mean weekly maximum and minimum soil temperatures (A) and phenology of embryo growth and germination of *Thalicttrum rochenbrunianum* (B) and *T. uchiyamai* (C) seeds buried at a depth of 3 cm in 2011. Vertical bars represent SE. The E:S ratio is the ratio of embryo length to seed length.

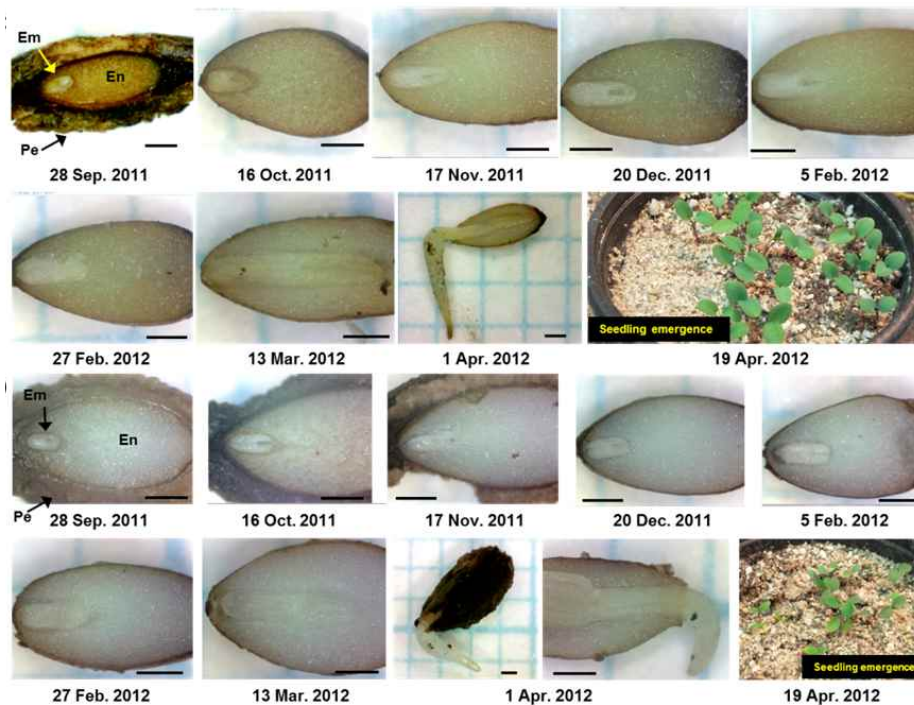


Fig. 2-6-3. Embryo growth, radicle emergence, and seedling emergence in seeds of *Thalicttrum rochenbrunianum* (top) and *T. uchiyamai* (bottom) kept outdoor in Seoul, Korea in 2011. Scale bars are 0.05 mm. Em, embryo; En, endosperm; Pe, pericarp; SC, seed coat.

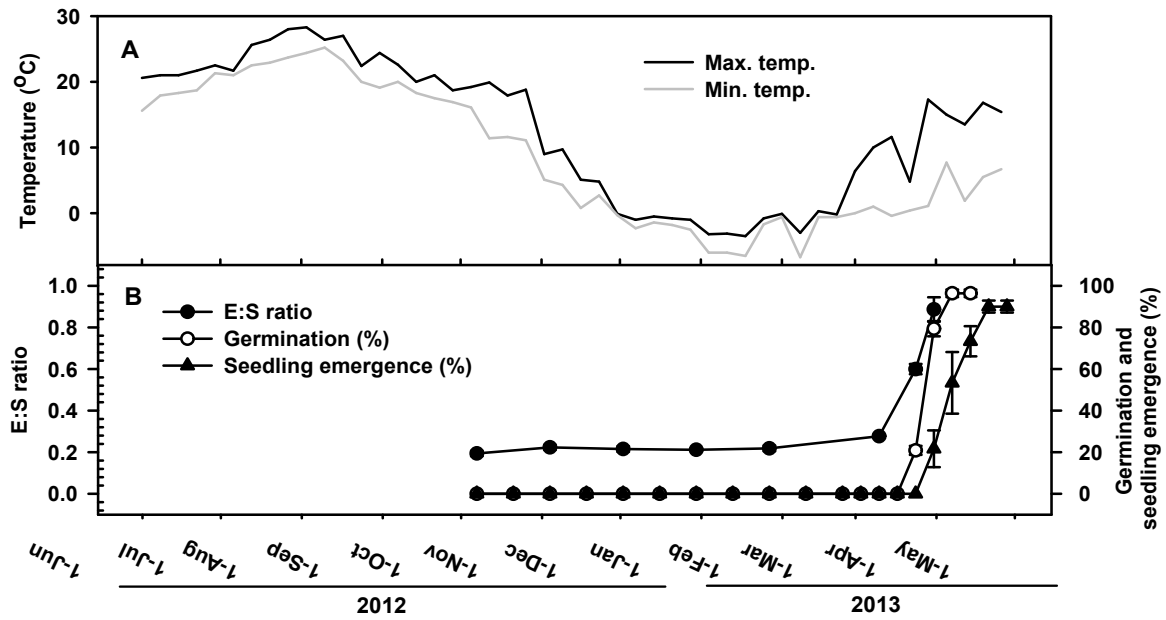


Fig. 2-6-4. Mean daily maximum and minimum soil temperatures (A) and phenology of embryo growth and germination (B) of *Thalicttrum coreanum* seeds buried at a depth of 3 cm in 2012. Vertical bars represent SE. The E:S ratio is the ratio of embryo length to seed length.

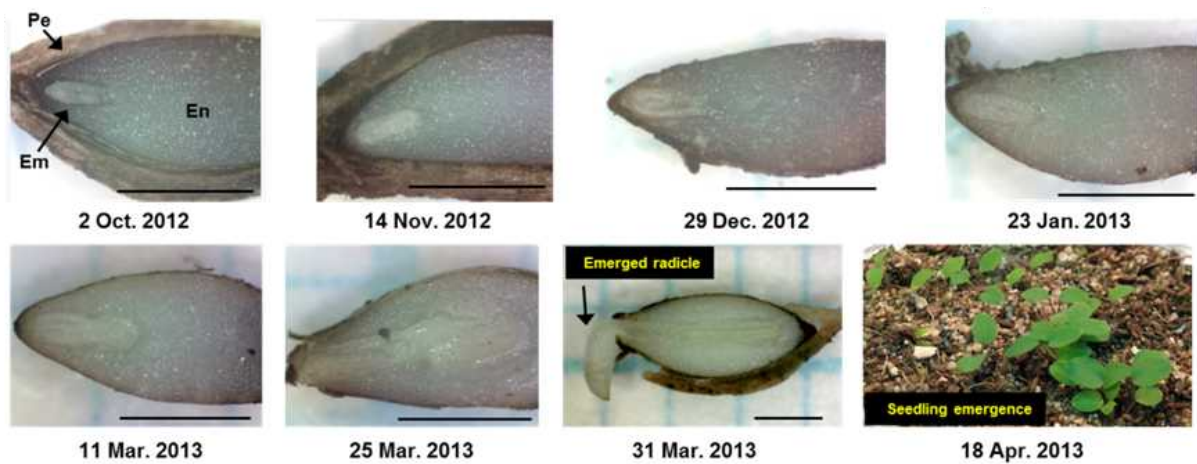


Fig. 2-6-5. Embryo growth, radicle emergence, and seedling emergence of *Thalicttrum coreanum* seeds kept outdoor in Seoul, Korea in 2012. Scale bars are 1 mm. Em, embryo; En, endosperm; Pe, pericarp; SC, seed coat.

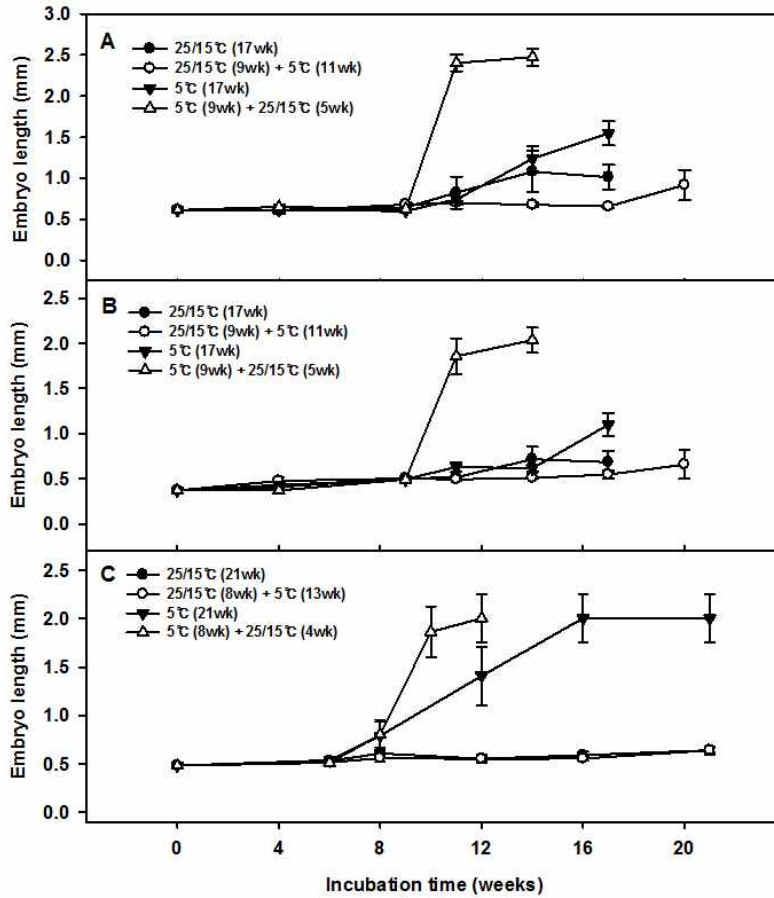


Fig. 2-6-6. Embryo length in seeds of *Thalicttrum rochenbrunianum* (A), *T. uchiyamai* (B), and *T. coreanum* (C) as affected by temperature treatments. Vertical bars represent SE.

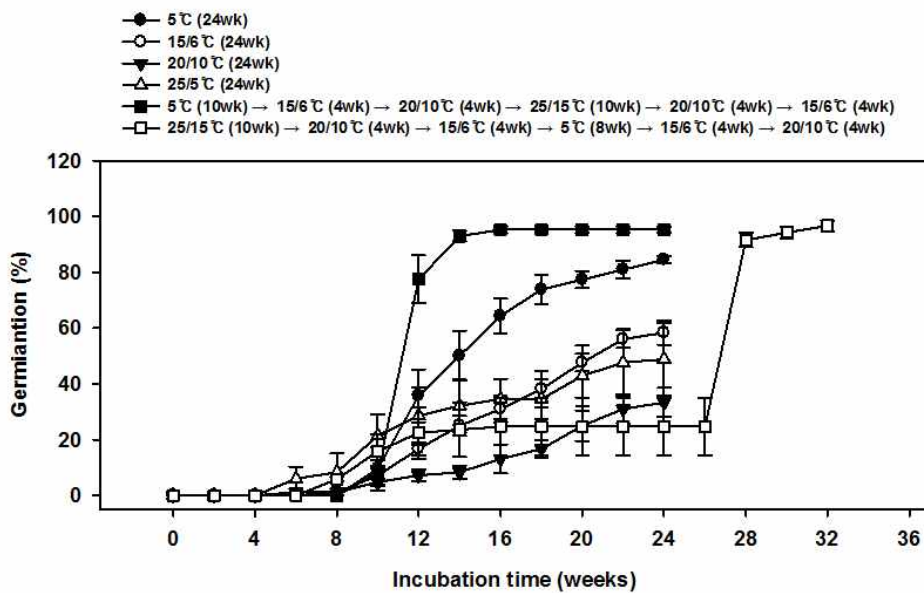


Fig. 2-6-7. Germination of *Thalicttrum rochenbrunianum* seeds incubated under a constant temperature or a temperature sequence beginning at 25/15°C or at 5°C. Vertical bars represent SE.

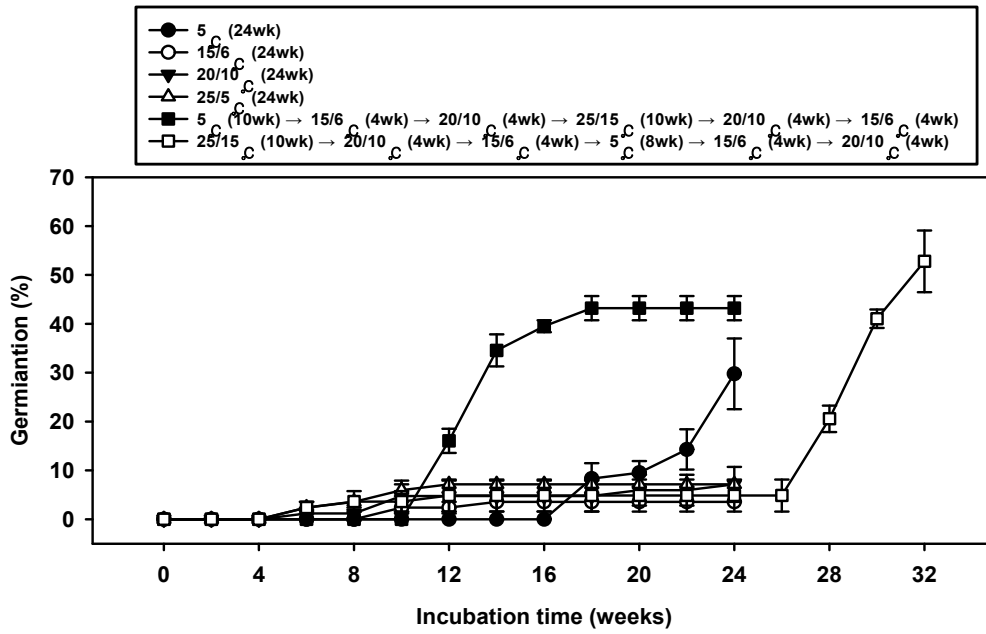


Fig. 2-6-8. Germination of *Thalictrium uchiyamai* seeds incubated under a constant temperature or a temperature sequence beginning at 25/15°C or at 5°C. Vertical bars represent SE.

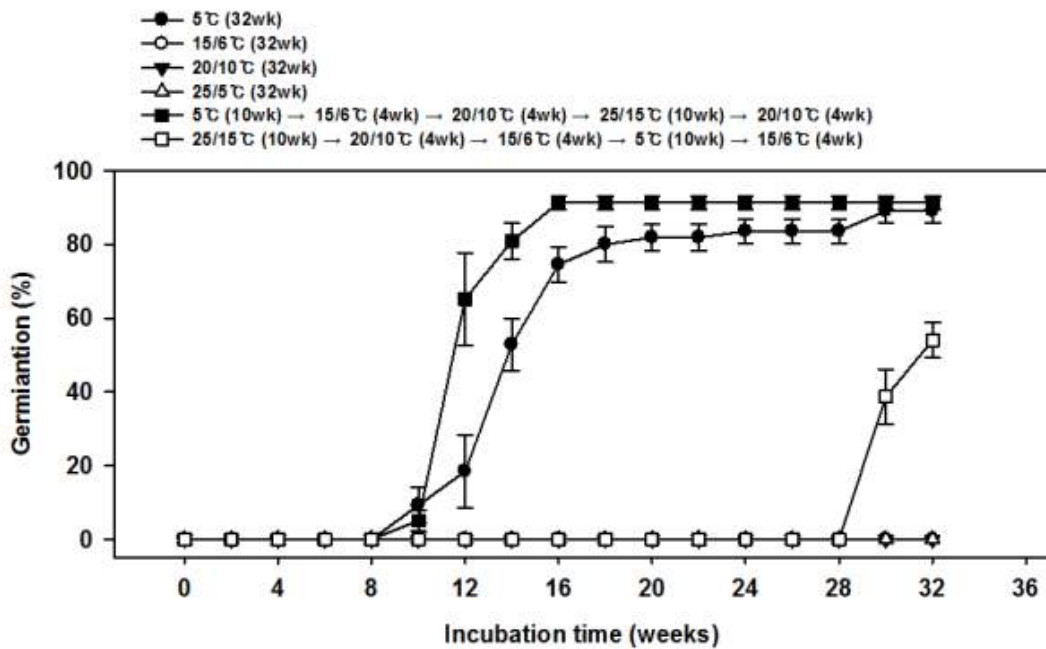


Fig. 2-6-9. Germination of *Thalictrium coreanum* seeds incubated under a constant temperature or a temperature sequence beginning at 25/15°C or at 5°C. Seeds collected in 2012 were used for this study. Vertical bars represent SE.

Table 2-6-1. Effect of a cold (5 or 1°C) stratification period on germination percentages in seeds of three *Thalictrum* species. Stratified seeds were incubated at 25/15°C.

Stratification weeks at			Incubation time after warm and/or cold stratification (weeks)			
25/15°C	5°C	1°C	2	4	6	12
<i>T. rochenbrunianum</i> ^z						
0	0	0	0.0 e ^y	1.1 c	12.2 b	42.2 b
0	4	0	89.8 abc	90.9 ab	93.2 a	96.6 a
0	8	0	79.2 cd	94.7 ab	94.7 a	96.0 a
0	12	0	95.4 ab	95.4 ab	95.4 a	96.6 a
0	0	4	79.8 bcd	84.6 b	88.1 a	90.5 a
0	0	8	67.7 d	94.2 ab	94.2 a	94.2 a
0	0	12	94.2 abc	96.5 ab	97.7 a	97.7 a
6	12	0	96.5 a	98.8 a	98.8 a	98.8 a
6	0	12	94.3 abc	98.9 a	98.9 a	98.9 a
<i>T. uchiyamai</i>						
0	0	0	0.0 c	0.0 e	4.4 d	11.1 e
0	4	0	8.4 c	27.0 d	35.5 c	36.7 de
0	8	0	66.4 a	74.4 a	77.1 ab	77.1 abc
0	12	0	56.3 a	70.7 ab	72.0 ab	73.1 abc
0	0	4	7.4 c	50.0 bc	56.7 bc	61.1 bcd
0	0	8	23.2 b	36.8 cd	40.5 c	41.6 d
0	0	12	12.1 bc	39.8 cd	51.9 bc	51.9 cd
6	12	0	55.5 a	76.0 a	77.7 ab	84.0 ab
6	0	12	68.4 a	87.5 a	88.6 a	88.6 a
<i>T. coreana</i>						
	0		0.0 c	0.0 c	0.0 c	-
	3		15.0 b	18.3 b	18.3 b	-
	6		69.0 a	77.8 a	77.8 a	-
	9		70.5 a	81.6 a	81.6 a	-
	12		72.1 a	90.8 a	90.8 a	-

^zSeeds collected in 2011 for *T. rochenbrunianum* and *T. uchiyamai* and in 2012 for *T. coreanum* were used for the stratification experiment.

^yMean separation within columns by Tukey's honestly significant difference test at $P < 0.05$.

Table 2-6-2. Effect of exhumed dates on germination in seeds of three *Thalictrum* species. Buried seeds were exhumed at each date and then incubated at 25/15°C. Germination percentage at 2 weeks of incubation was calculated.

Exhumed dates	Germination (%)		
	after 2 weeks of incubation at 25/15°C		
	<i>T. rochenbrunianum</i> ^z	<i>T. uchiyamai</i>	<i>T. coreanum</i>
September	0.0 c ^y	0.0 c	0.0 b
October	16.1 b	0.0 c	0.0 b
December	97.8 a	64.4 b	77.7 a
January	91.7 a	85.5 a	84.7 a

^zSeeds collected in 2011 for *T. rochenbrunianum* and *T. uchiyamai* and in 2012 for *T. coreanum* were used.

^yGermination percentages among the exhumed dates followed by different letters indicate significant differences at $P < 0.05$ (Tukey's honestly significant difference test).

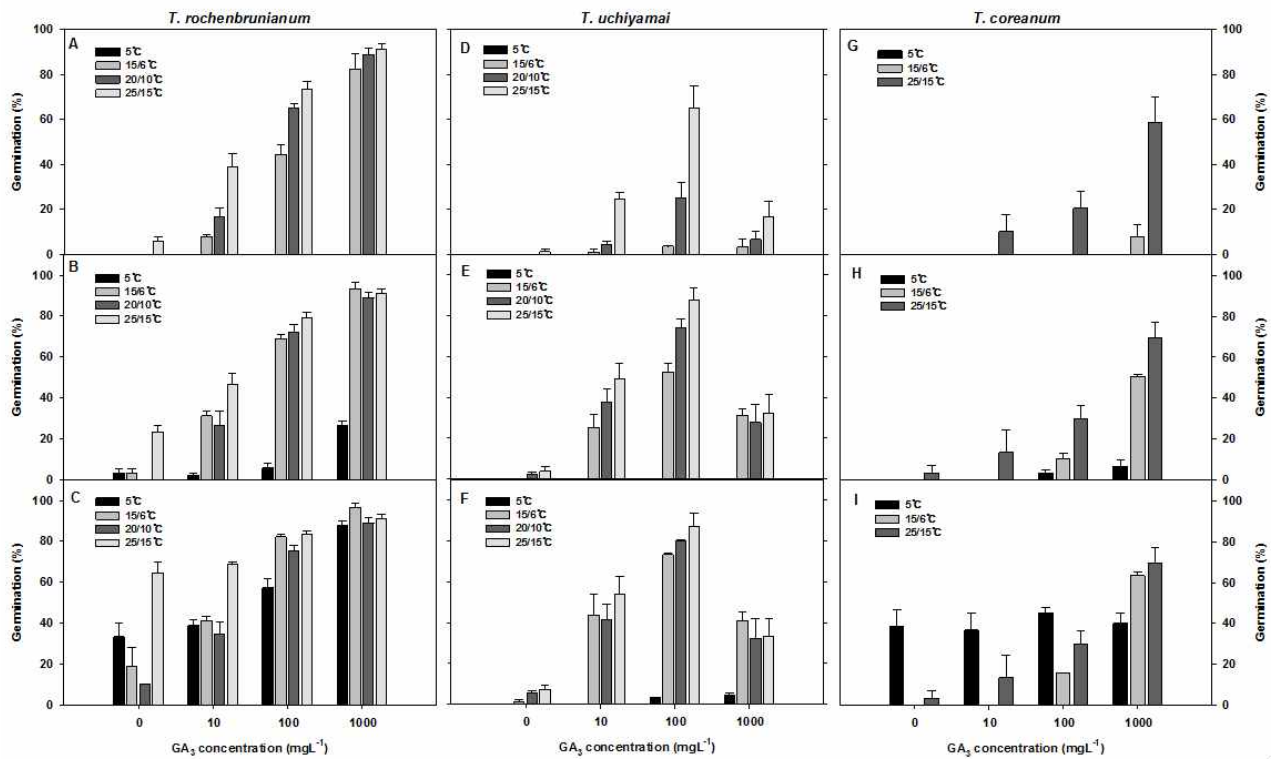


Fig. 2-6-10. Effect of a 0, 10, 100, or 1000 mg·L⁻¹ GA₃ treatment on mean percentage germination in seeds of *Thalicttrum rochenbrunianum* (A, B, and C), *T. uchiyamai* (D, E, and F) and *T. coreanum* (G, H, and I) after 4 (A, D, and G), 8 (B, E, and H), and 12 (C, F, and I) weeks of incubation at different temperature regimes. Seeds collected in 2011 for *T. rochenbrunianum* and *T. uchiyamai* and in 2012 for *T. coreanum* were used. Vertical bars represent SE.

7. 헬레보루스(*Helleborus orientalis*)

가. 연구목적

헬레보루스는 lenten rose(사순절 장미) 또는 christmas rose(크리스마스 장미)라 불리는 미나리아재비과의 상록성 숙근초화류이다. 전 세계적으로 약 20여 종이 분포하고 있는데, 주로 발칸반도에 자생하고 있다. 본 연구과제의 2년차 중간평가 결과 심사위원들의 의견을 통해서 큰연영초, 홀아비바람꽃 등 종자를 충분히 채종하는 것이 거의 불가능한 종을 일부 다른 종으로 대체하는 것이 권장 되었다. 따라서 헬레보루스가 최근 정원, 분화용으로 인기가 많아지고 있고 미나리아재비과에 속하는 점, 또한 봄철에 일찍 개화하는 점(Fig. 2-7-1)에 착안하여 연구 대상종으로 선정하였다. 헬레보루스 역시 종자가 깊은 휴면성을 가지는 것으로 알려져 있으나 구체적인 생태·생리에 관해선 보고된 바가 거의 없었다. 따라서 본 연구에서는 헬레보루스의 종자휴면 유형을 분류하고 나아가 종자번식을 위한 자료를 확보하고자 수행하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 종자수집

헬레보루스 종자는 2013년 6월 6일에 경기도 용인소재 한택식물원에서 채종하였다. 채종 후 실험실 내에서 1주 정도 후숙시킨 후 5°C 저온저장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

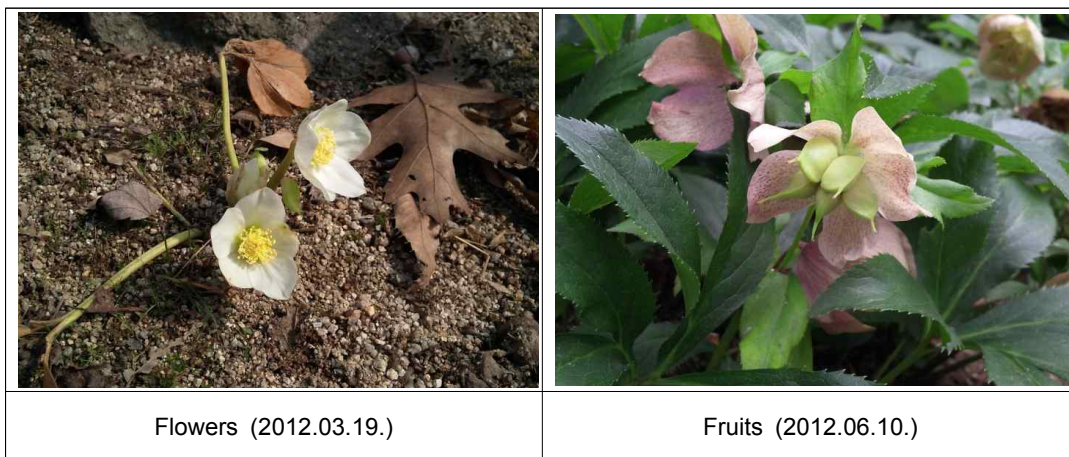


Fig. 2-7-1. Flowering of *Helleborus orientalis* growing in the Hantaek Botanical Garden.

(2) 자연상태에서 배발달, 발아 및 유묘출현 관찰

헬레보루스 종자는 2013년 7월 29일에 서울대학교 실험 정원에 파종하였다. 약 400개 정도의 종자를 원예용 상토에 파종한 후 지퍼백에 담아 필드에 묻었다. 매달 1-2회 10-20개의 종자를 실험실로 가져와 반으로 자른 종자를 해부현미경(KSZ-1B, Samwon Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)의 작업대에 올려놓고 micrometer가 장착된 접안렌즈로 관찰하면서 종자와 배의 길이를 측정하였다. 종자와 배의 길이를 측정 한 후 miview usb digital microscope (MV 1302U, CosView Technologies Co., Ltd., Shenzhen, China)를 이용해 60-200배율로 종자 내부를 촬영하였다.

뿐만 아니라, 매달 2회 이상 발아양상과 유묘출현율을 조사하였다. 발아와 유묘출현 실험용 종자는 20립 3반복으로 하였다. 종자를 모래에 파종한 후 플라스틱 망으로 피복한 후 10cm 플라스틱 포트에 배치하였다. 배치한 후 포트를 원예용 상토로 충전한 후 서울대학교 실험용 정원에 배치하였고, 매 시기마다 꺼내어 관찰하였다.

(3) 배생장을 위한 온도 조건 구명

5가지 온도조건에 종자를 배양하면서 배의 생장을 관찰하였다. 25/15°C, 5°C에 지속적으로 배양하면서 배의 발달을 조사하였고, 다른 종자들은 고온에서 저온 또는 저온에서 고온조건으로 이동시키면서 배의 신장을 관찰하였다. 또한 본연구실의 기존 실험 결과 미나리아재비과의 복수초 종자는 여름철의 고온기를 거치고 가을철의 중온기로 가면서 배가 급속히 신장한 점에 착안하여 25/15°C의 고온에 배양하다가 가을철의 중온 조건인 15/6°C로 이동하여 배양한 후 배 발달을 관찰하였다.

- ① 25/15°C
- ② 25/15°C → 5°C
- ③ 25/15°C → 15/6°C
- ④ 5°C
- ⑤ 5°C → 25/15°C

(4) 발아를 위한 온도 조건 구명: move-along test

Move-along test는 복수초 종자 및 바위미나리아재비의 실험에서와 같이 6가지 온도조건을 세팅하여 실험하였다. 20립 3반복의 종자를 각 온도처리별로 세팅하여 실험하였다. 대조구로 5, 15/6, 20/10, 25/15°C를 세팅하였고, move-along 처리로서 5°C의 겨울철 온도로 시작하는 경우, 25/15°C의 여름철 온도로 시작하는 처리구를 두었다.

(5) 고온처리 기간이 발아에 미치는 영향

기존 실험에서 여름철의 고온기간이 미성숙배의 휴면을 타파시키는데 중요하다는 점을 확인하였다. 따라서 25/15°C에 0, 3, 8, 12주간 처리한 후 15/6°C의 가을철 온도에 배양하면서 발아율을 조사하였다.

(6) 지베렐린(GA₃) 처리를 통한 휴면타파

채종한 종자를 GA₃ 0, 10, 100, 1,000mg · L⁻¹ 농도에 1일 침지 처리한 후 5°C, 15/6, 20/10, 25/15°C에 배양하였다. 다른 배양 조건은 이전 종자실험의 조건과 동일하였다.

(7) 환경기록

자연상태에서의 배발달과 발아 양상을 환경데이터와 비교분석하기 위하여 데이터로거(Model 450, Watch Dog, Spectrum Technologies, Inc., USA)를 노지에 설치하여 기상환경과 지온을 기록하였다. 온도센서를 종자와 비슷한 깊이에 묻었고 매 30분마다 온도가 기록되도록 하였다. 기온과 지온의 최저, 최고온도를 계산하였다.

다. 결과 및 고찰

본 연구실의 실험 결과, 봄에 개화하는 많은 숙근성 초화류들은 종자가 탈리되고 이듬해 봄에 유묘를 출현시키는 것으로 판단되었다. 헬레보루스 종자도 비슷한 결과를 보여주었다. 7월에 채종한 종자를 필드에 파종하였는데, 여름철의 고온기를 지나고 가을철의 중온기로 접어드는 9월 말경부터 배가 조금씩 자라기 시작하였다(Fig. 2-7-2). 이후 10월-11월에 배가 급속히 신장하였고, 11월 중순경에는 거의 완숙되었다. 미숙배가 다 자란 시점인 11월 중순경을 기점으로 받아하기 시작하여 11월 말부터 12월 초에 대부분의 종자가 받아하였다. 그러나 유묘출현은 나타나지 않았다. 겨울철의 긴 저온기간을 거친 후 이듬해 3월 중순경 유묘가 출현하여 4월 초순경에는 대부분의 유묘가 출현하였다(Fig. 2-7-3). 따라서 종자가 탈리된 후에 10개월 정도의 긴 기간이 지나야 휴면이 타파된다는 것을 확인할 수 있었다.

다양한 배양온도 조건에서 배발달을 조사하였다(Fig. 2-7-4). 25/15℃와 5℃에 배양한 경우 배의 발달이 저조하였다. 그러나 25/15℃에 배양하던 종자를 15/6℃ 또는 5℃로 이동하여 배양한 경우 배의 신장이 촉진되었다. 특히, 25/15℃에서 15/6℃의 가을철 온도로 이동한 경우 배발달이 더 촉진되었다. 따라서 미숙배의 휴면을 타파시키기 위해서는 고온처리 이후에 중온을 처리해야 한다는 것을 확인할 수 있었다.

뿐만 아니라, 다양한 온도 조건에서 발아양상을 조사하였다(Fig. 2-7-5). 5, 15/6, 20/10, 25/15℃에 지속적으로 배양한 경우, 15/6℃에서 배양 26주째 약 30%정도 받아하였다. 그러나 종자를 25/15℃에 배양하다가 20/10, 15/6, 5℃로 온도를 점차 낮춘 처리구의 경우, 14주째부터 받아하기 시작하여 22주째에는 80% 가까이 받아하였다. 이를 통하여 헬레보루스 종자는 휴면을 타파시키기 위해서 고온 → 중온 → 저온의 단계적인 온도처리가 필수적임을 확인하였다.

휴면을 타파시키기 위한 고온기간을 알아보기 위해서, 종자를 25/15℃에 0, 3, 8, 12주간 처리한 후 15/6℃에 배양하였다(Fig. 2-7-6). 고온처리 기간이 길어질수록 발아율이 높아지는 것을 확인하였다. 특히 8주, 12주간 고온처리한 후 중온으로 이동할 경우 12주째 발아율이 60% 정도로 가장 높게 나타났다.

자연조건에서 11월에 발아한 종자를 실험실로 가져와 배양하였다(Fig. 2-7-7). 배양한 결과 종자가 발아한 이후에 유묘가 출현하지 않는다는 것을 확인하였다. 이는 발아한 이후에도 배측휴면으로 인해 추가적인 저온처리가 필요하다는 것을 의미하며, 자연상태에서 가을철에 발아한 이후에 곧바로 유묘가 출현하지 않고, 겨울철의 저온기를 거치고 이듬해 봄에 유묘를 출현시켰던 이유로 판단할 수 있다. 이전의 한계령풀과 왜미나리아재비의 경우에서도 가을철에 발아한 이후에 추가적인 저온처리가 수반되어야 유묘가 출현하는 배측휴면이 확인된 바 있었다.

휴면을 인위적으로 타파시키기 위해서 GA를 처리하였다(Table 2-7-1). 처리 농도에 상관없이 5, 20/10, 25/15℃의 배양조건에서는 거의 발아하지 않았다. 그러나 15/6℃에 배양한 경우, 12주째 1000ppm 처리구에서 86% 정도가 발아하였다. 헬레보루스 종자의 휴면을 타파시키기 위해서 고온, 중온, 저온이 필수적이었는데, 따라서 GA처리가 고온처리를 어느 정도 대체했음을 알 수 있었다. 그러나 25/15℃의 일반적인 배양적온에서 전혀 발아하지 않은 점을 통해 GA처리가 휴면을 타파시키지는 못했다는 것을 알 수 있었다.

결론적으로 헬레보루스 종자가 미숙배를 가지고 있는 점, 이 미숙배는 고온기간 이후 중온 조건에서 신장했던 점, 또한 휴면타파를 위해 고온과 저온이 필수적이었던 결과들을 통하여 휴면유형은 deep simple MPD로 분류할 수 있었다. 뿐만 아니라, 발아된 이후에도 저온을 필요로 하는 배측휴면의 존재를 통해 deep simple epicotyl MPD로 휴면유형을 결론지을 수 있었다.

본 연구를 통하여 자연상태에서 10개월 정도 걸리는 발아소요 기간을 인위적인 온도 및 GA 처리 등을 통하여 약 3개월 만에 발아시킬 수 있었다. 그러나 발아이후에 배축휴면이 존재한다는 점을 감안할 때, 실용적으로 유묘를 얻기 위해서는 배축휴면을 조기에 타파시킬 수 있는 방법이 고안되어야 할 것이다.

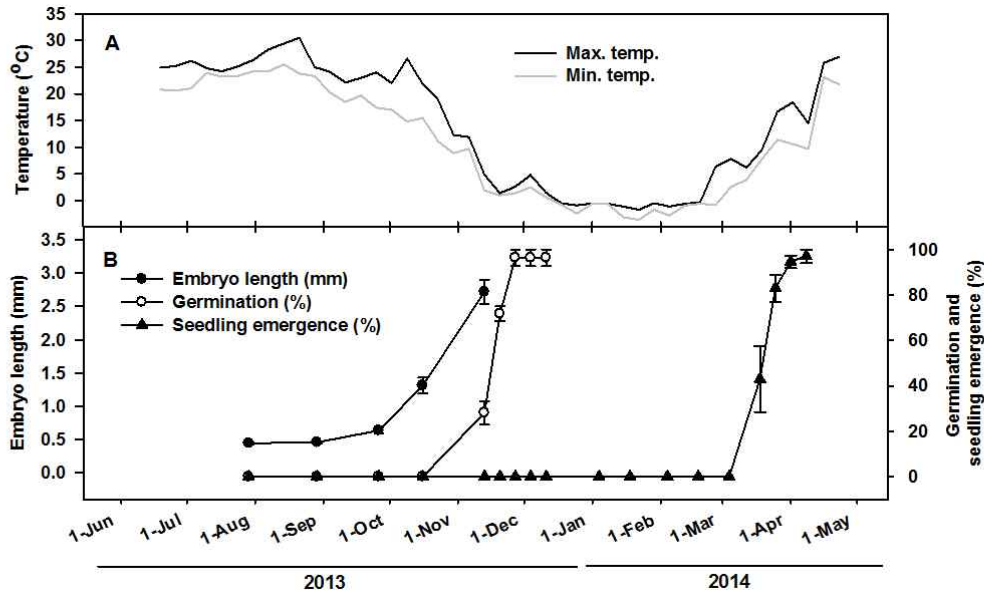


Fig. 2-7-2. Mean daily maximum and minimum soil temperatures (A) and phenology of embryo growth, germination or seedling emergence (B) of *Helleborus orientalis* seeds buried at a depth of 3 cm in 2013. Vertical bars represent SE. The E:S ratio is the ratio of embryo length to seed length.



Fig. 2-7-3. Embryo growth, radicle emergence, or seedling emergence of *Helleborus orientalis* seeds kept outdoor in Seoul, Korea in 2013.

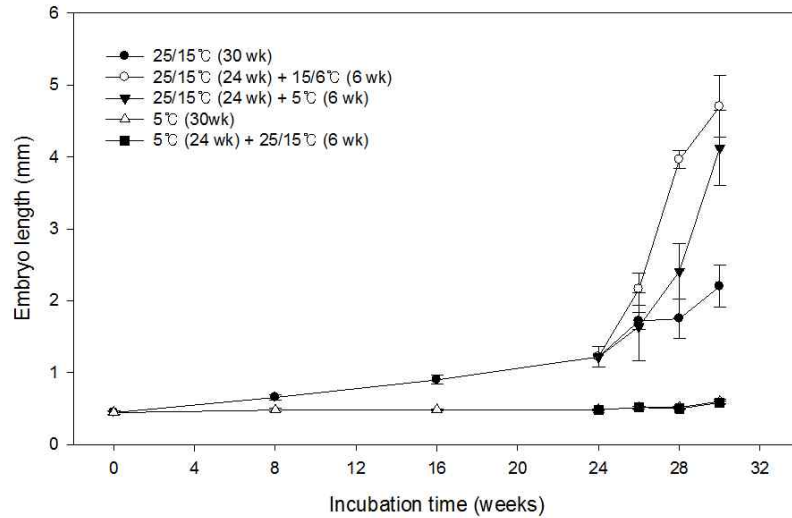


Fig. 2-7-4. Embryo length in seeds of *Helleborus orientalis* as affected by temperature treatments. Seeds collected in 2013 were used for this study. Vertical bars represent SE.

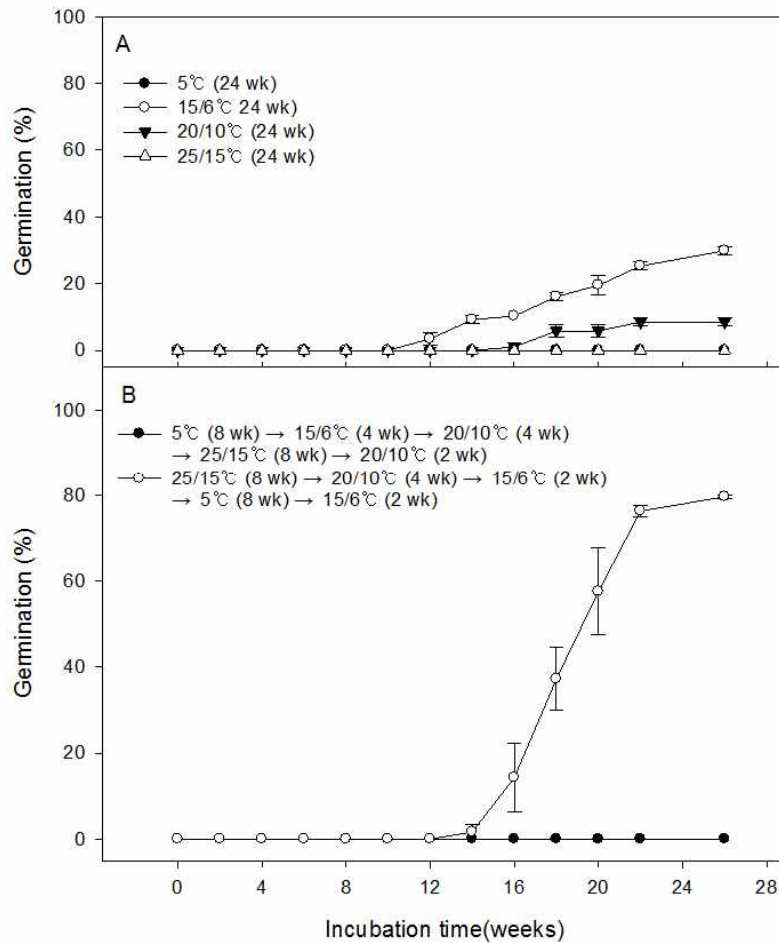


Fig. 2-7-5. Germination of *Helleborus orientalis* seeds incubated under a constant temperature (A) or a temperature sequence (B) beginning at 25/15°C or at 5°C. Seeds collected in 2013 were used for this study. Vertical bars represent SE.

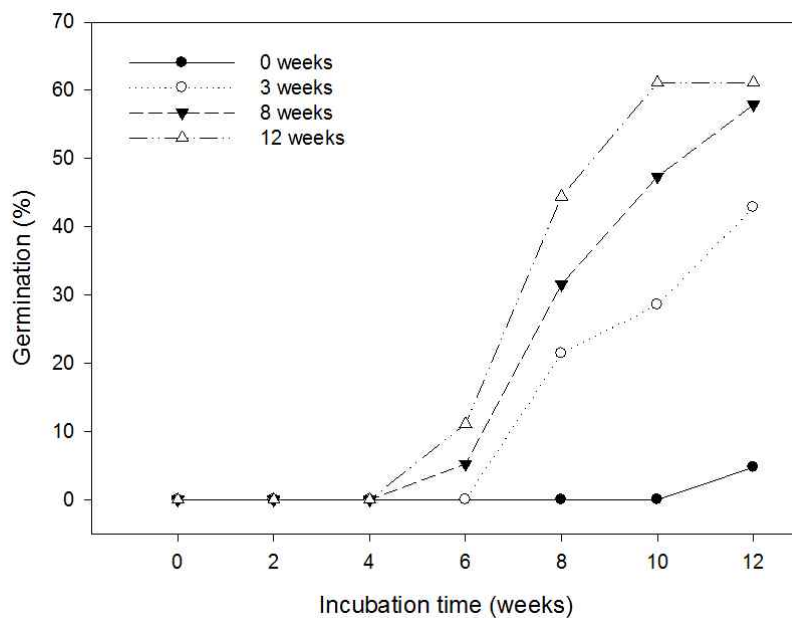


Fig. 2-7-6. Percent germination at 15/6°C following warm stratification at 25/15°C for 0, 3, 9, or 12 weeks, respectively in seeds of *Helleborus orientalis*. Vertical bars represent SE.



Fig. 2-7-7. Epicotyl dormancy of *Helleborus orientalis* seeds. Germinated seeds in the open field on November 12, 2013 were transferred to laboratory, and incubated at room temperature (20–25°C).

Table 2-7-1. Effect of GA₃ concentration on mean final germination percentage of *Helleborus orientalis* Lam. Germination percentage after 12 weeks of incubation were calculated.

Incubation temperature (°C)	Concentration of GA ₃ (mg·L ⁻¹)			
	0	10	100	1000
5	0	0	0	0
15/6	0 c	0 c	26.7 b	86.7 a
20/10	0 B	5.6 A	0 B	0 B
25/15	0	0	0	0

Means followed by the same letter are not significantly different at the $P < 0.05$ (Tukey's multiple comparison test).

8. 처녀치마, 숙은처녀치마(*Heloniopsis koreana*, *H. tubiflora*)

가. 연구목적

멜란티움과의 처녀치마는 전국의 산지 부엽이 두텁게 쌓여 비옥하고 습윤한 곳에서 자라는 자생식물로 최근에 특산식물로 분류되었다. 주로 그늘진 낙엽수림의 하부에서 자생하는 다년초이다. 얼레지와 마찬가지로 개화기가 이른 봄인 식물 중 하나로, 4월에 3-10송이의 꽃이 총상으로 달리는데, 개화시는 적자색이지만 개화 후 자녹색이 돈다(Fig. 2-8-1). 꽃이 아름답고, 지체부에 총생하는 잎이 겨울까지 녹색을 유지하기 때문에, 봄철을 화려하게 장식할 수 있을 뿐만 아니라, 화단용 소재나 낙엽성 교목의 하부에 지피용 소재로 활용할 수 있는 유망한 자생식물이다. 그러나 기존에 종자휴면에 관한 정보가 거의 없었다. 따라서 본 연구에서는 처녀치마의 종자번식을 위하여 종자의 휴면성을 파악하고, 그 원인이 무엇이며, 나아가 발아촉진법을 알아보고자 수행하였다. 뿐만 아니라, 덕유산에 자생하는 한반도 특산종인 숙은처녀치마(*Heloniopsis tubiflora*)의 종자휴면을 구명하여 두 종의 종자번식을 위한 자료를 확보하고자 본 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 종자수집

처녀치마 종자는 2012년 5월 16-20일, 2013년 5월 25, 6월 6일에 경기도 용인소재 한택식물원에서 자라던 식물체에서 채종하였다. 숙은처녀치마는 덕유산 향적봉의 자생지에서 2012년 6월 18일에 채종하였다. 채종 후 실험실 내에서 1주 정도 후숙시킨 후 5℃ 저온저장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.



Fig. 2-8-1. Appearance of *Heloniopsis koreana* Fuse, N. S. Lee & M. N. Tamura (A) and *Heloniopsis tubiflora* Fuse, N. S. Lee & M. N. Tamura (B) at flowering. *H. koreana* was growing in the natural eco-garden within the Hantaek Botanical Garden, Yongin, Korea and *H. tubiflora* was growing in Hyangjeokbong, Mt. Deogyu, Seolcheon-myeon, Muju-gun, Jeollabuk-do, Korea.

(2) 온도와 광조건에 따른 발아

채종한 종자를 5, 15/6, 20/10, 25/15 및 30/20°C에 30립 3반복으로 세팅하였다. 또한 광조건의 영향을 알아보기로 다른 3개의 페트리디쉬를 알루미늄 호일로 감싼 후 25/15°C에 배양하였다.

(3) GA 처리에 따른 발아

GA₃를 0, 10, 100, 1,000mg · L⁻¹ 농도로 1일 침지하여 5°C, 15/6°C, 20/10°C, 25/15°C에 배양하였다. 처리한 종자들을 90×15mm disposable petri dish에 여과지(Whatman No. 2) 2매를 깔고 benomyl 수화제(500 mg·L⁻¹)를 분무하여 약 1시간 정도 소독하였다. 소독 후 증류수로 세척한 후 multi-room incubator (DS-13MCLP, Dasol Scientific Co., Ltd., Hwaseong, Korea)에서 배양하였다. 다른 조건들은 이전 실험과 동일하였다.

(4) 미숙배와 발아과정의 현미경 관찰

배양 동안에 미숙배의 발달 유무를 확인하고자 25/15°C에서 배양하던 종자를 4주 후에 샘플링하여 반으로 자른 후 해부현미경(KSZ-1B, Samwon Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)의 작업대에 올려놓고 micrometer가 장착된 접안렌즈로 관찰하면서 종자와 배의 길이를 측정하였다. 종자와 배의 길이를 측정 한 후 miview usb digital microscope (MV 1302U, CosView Technologies Co., Ltd., Shenzhen, China)를 이용해 종자 내부와 발아과정을 200배율로 촬영하였다.

다. 결과 및 고찰

처녀치마와 숙은처녀치마의 종자를 25/15°C에 배양하는 동안에 주기적으로 종자를 잘라서 내부의 배가 신장하는지 관찰하였다(Fig. 2-8-2). 관찰 결과 작은 배가 일정 크기까지 신장한 이후에 발아하는 것을 확인하였다. 따라서 두 종의 경우에도 종자가 미숙배를 갖는다는 것을 확인하였다.

온도와 광조건에 따른 영향에서, 두 종 모두 온도가 5°C에서 30/20°C까지 높아질수록 발아율이 증가한 것을 확인 할 수 있었다(Fig. 2-8-3). 20/10°C 이하의 온도 조건에서는 8주째 발아율이 40%도 안되어 발아율이 극히 저조하였다. 뿐만 아니라 25/15°C 암조건에서는 전혀 발아하지 않았다. 이를 통하여 두 종이 암발아 종자임을 알 수 있었다.

본 연구에서는 필드에 종자를 파종하여 시기별로 배의 발달과 발아과정을 조사하였다(data not shown). 그러나 수개월이 지나도 배의 발달과 발아과정이 관찰되지 않았다. 토양 중에 매몰되어 있던 종자들은 확인한 결과 온전한 종자들이 다수 확인되었다. 따라서 두 종이 암발아 종자였기 때문에 자연조건에서 여름철 고온기 동안에도 배발달과 발아가 안 되었던 것으로 판단되었으며, 이를 통하여 이 두 종이 soil seed bank를 형성할 가능성이 있음을 추측할 수 있었다.

발아촉진을 위해 GA를 처리하였다(Fig. 2-8-4). 배양 4주후에 발아율을 조사한 결과, 처녀치마 종자는 GA 10, 100ppm에 처리한 후에 25°C 항온조건에 배양하면 80% 이상 발아되었다. 숙은처녀치마의 경우, GA 100, 1000ppm에 처리한 후에 25/15°C에 배양하면 대조구에 비해 발아가 촉진되었다. 그러나 최종 발아율은 60%로 높지 않았다. 숙은처녀치마의 경우 25°C 항온조건은 실험하지 못했다. 따라서 GA 처리 후 항온조건에 따른 발아율을 추가로 실험해볼 필요가

있다고 판단된다.

치너치마 두 종 모두 고온조건에서 배발달이 촉진되었고, 이어서 발아가 진행되었다. 따라서 고온층적처리가 휴면타파에 필수적임을 알 수 있고, GA 처리를 통해 어느 정도 휴면이 타파된다는 결과를 통해 종자가 non-deep simple MPD의 휴면유형을 보인다고 결론지을 수 있었다. 그동안 멜란티움과에 속하는 종의 종자휴면은 보고된바가 거의 없었다. 따라서 본 연구결과는 추후 멜란티움과의 종자휴면을 연구하는데 중요한 자료가 될 것이다. 나아가 실용적인 측면에서 번식을 할 때, 종자가 미세종자이며, 광발아종자였던 점을 감안하여 피복되지 않도록 주의해야 한다는 점을 알 수 있었다.

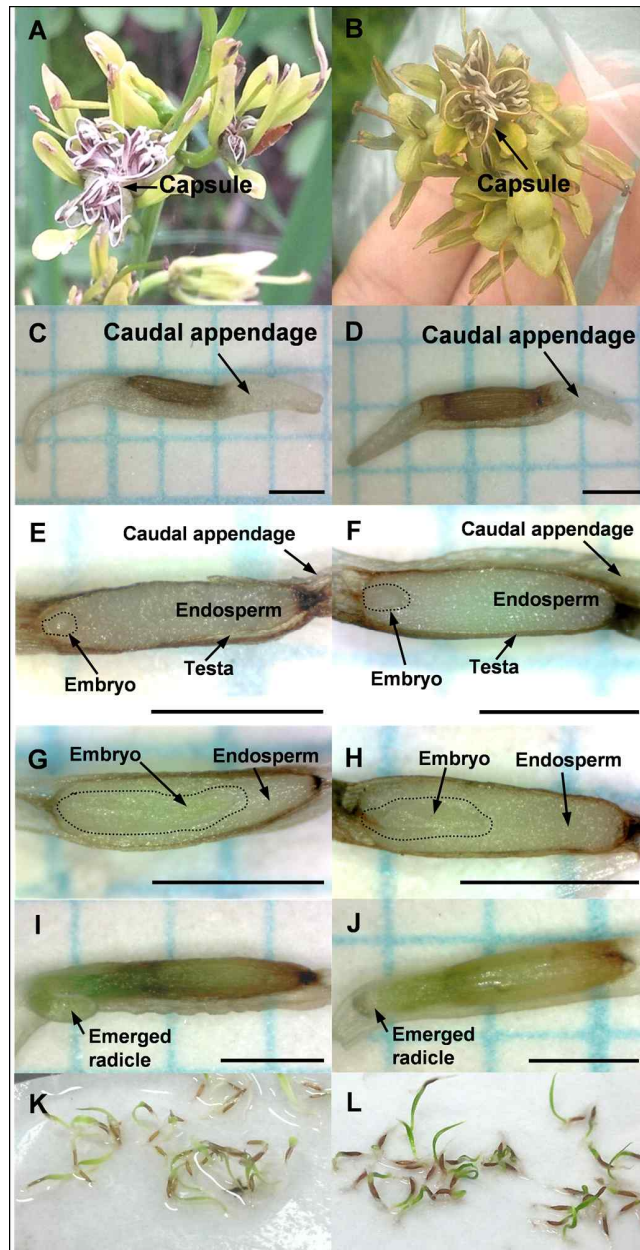


Fig. 2-8-2. Capsule, seeds, embryo growth, and radicle emergence of *Heloniopsis koreana* (A, C, E, G, I, and K) and *Heloniopsis tubiflora* (B, D, F, H, J, and L). Longitudinal section of fresh seeds showed small, underdeveloped embryos (E and F), elongated embryos (G and H), and emerging radicles (I and J). Scale bar = 1 mm.

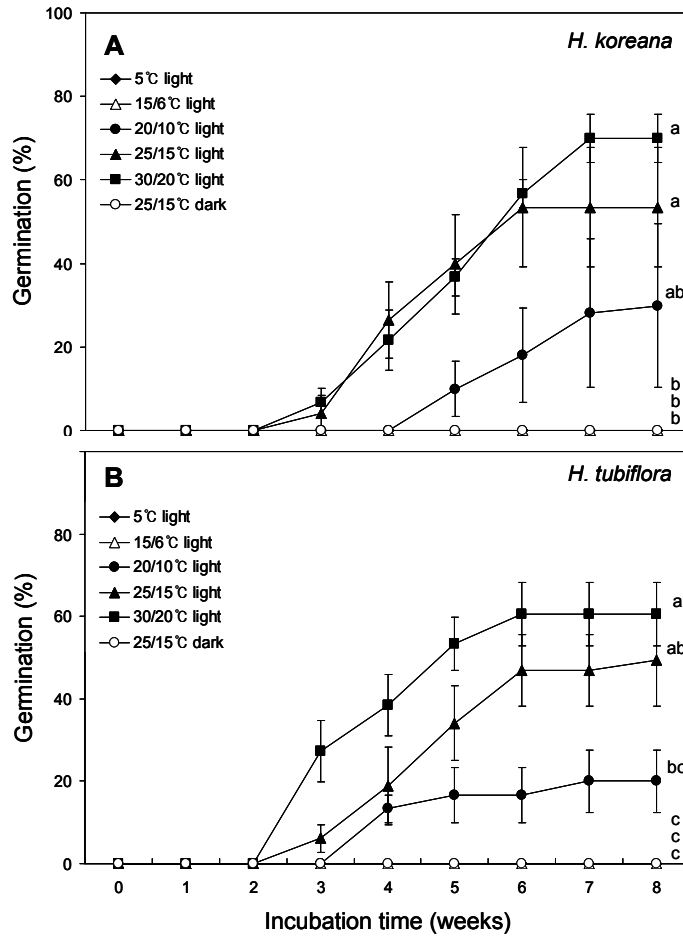


Fig. 2-8-3. Percent germination of *Heloniopsis koreana* (A) and *Heloniopsis tubiflora* (B) seeds incubated at various temperature regimes of 5°C, 15/6°C, 20/10°C, 25/15°C, and 30/20°C in a 12-h light/dark photoperiod, and at 25/15°C in a constant dark conditions for 8 weeks. Vertical bars represent mean \pm standard error (n = 3). Final percentages of germination among the incubation temperatures followed by different letters indicate significant differences (HSD test, $\alpha = 0.05$).

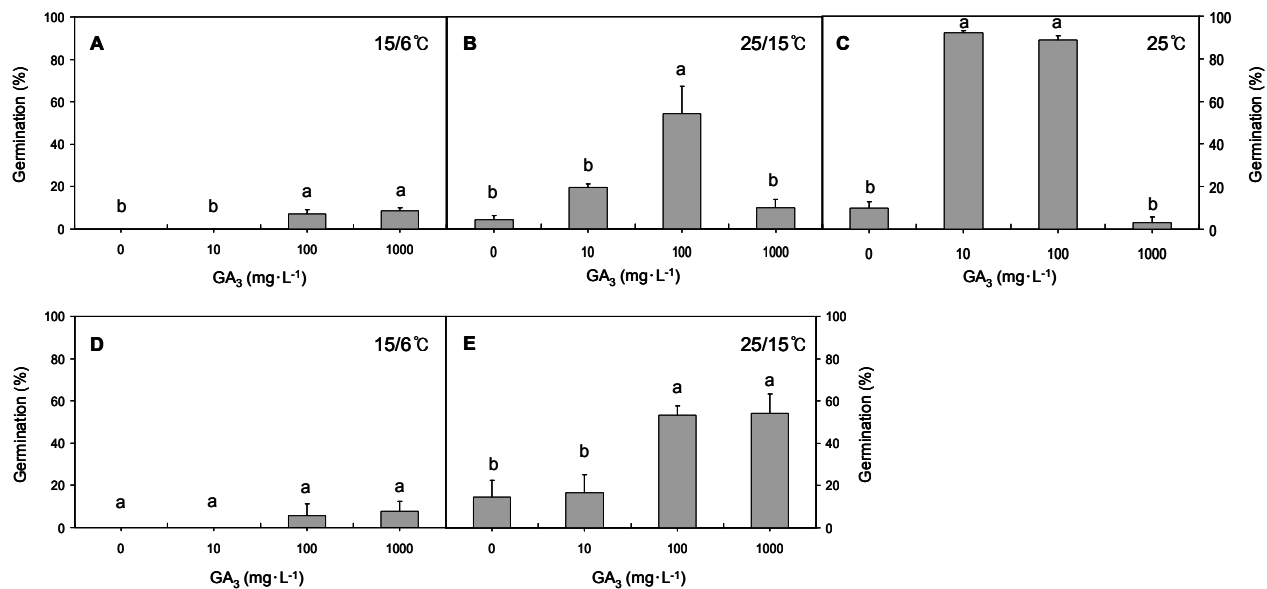


Fig. 2-8-4. Percent germination of *Heloniopsis koreana* (A, B, and C) and *Heloniopsis tubiflora* (D and E) seeds treated with GA₃. Seeds of *H. koreana* and *H. tubiflora* were collected on 20 May 2012 and 18 June 2012, respectively, and soaked in 0, 10, 100, or 1,000 mg · L⁻¹ GA₃ for 24 h at room temperature before incubation at 15/6°C and 25/15°C in a 12-h light/dark photoperiod. In *H. koreana*, seeds collected on 6 June 2013 were incubated at constant 25°C, placed on filter paper (Whatman No. 2) in 90 x 15 mm Petri dishes, moistened with GA₃ solutions, and incubated in a 12-h light/dark photoperiod. Germination percentages for all treatments were calculated after 4 weeks of incubation. Vertical bars represent mean ± standard error (n = 3). Different letters indicate significant differences according to the HSD test (alpha = 0.05).

9. 얼레지(*Erythronium japonicum*)

가. 연구목적

백합과의 얼레지는 전국의 깊은 산 속 낙엽수림 하부에 자생하는 다년초이다. 개화기가 이른 봄인 춘계단명식물 중 하나로, 4월에 화경 끝에 1송이의 꽃이 밑을 향해 핀다. 꽃이 아름답기 때문에 분재화분에 여러 그루를 심어 초물분재로 하면 좋다. 봄철을 화려하게 장식할 수 있는 초분류이고, 화단용 소재나 낙엽성 교목의 하부에 지피용 소재로 활용할 수 있는 유망한 자생식물이다(Fig. 2-9-1). 얼레지의 인경은 해를 지나면서 매년 인경 크기만큼 밑으로 들어가면서 깊이 자라므로 분주는 거의 불가능하다. 따라서 종자번식이 가장 효율적인데, 기존에 종자 휴면에 관한 정보가 거의 없었다. 따라서 본 연구에서는 얼레지 종자의 휴면성을 파악하고, 그 원인이 무엇이며, 나아가 발아촉진법을 알아보려고 수행하였다.



Fig. 2-9-1. Flowering of *Erythronium japonicum* growing in the eco-garden of the Hantaek Botanical Garden

나. 재료 및 방법

(1) 종자수집

얼레지 종자는 2012년 5월 25일, 2013년 5월 25일에 경기도 용인소재 한택식물원에서 자라던 식물체에서 채종하였다. 채종한 종자는 실험실로 가져와 1-2주 정도 후숙과정을 거친 후 5°C 저온 저장고에 저장하면서 실험에 사용하였다.

(2) 배양 온도에 따른 발아

채종한 종자를 온도가 25/15, 20/10, 15/6, 5°C로 유지되는 생육상에서 배양하였다. 각 처리당 20립 3반복으로 실험하였다. 처리 후 26주까지 발아율을 조사하였다. 배양 중 곰팡이로 인해 썩은 종자들은 제거 하였다.

(3) 고온처리 기간에 따른 발아

이전의 실험에서 복수초, 한계령풀 등은 종자가 미숙배이고, 9개월 이상 발아되지 않았다. 그 이유는 고온에서 저온으로 이동하는 계절적인 변화가 반드시 수반되어야 했기 때문이다. 이러한 점에 착안하여 종자를 25/15°C에 0일 또는 60일간 처리 후 5°C 또는 15/6°C로 옮겨 발아 양상을 관찰하였다.

(4) 지베렐린(GA₃) 처리를 통한 휴면타파

GA₃를 0, 10, 100, 1,000mg · L⁻¹ 농도로 1일 침지하여 5°C, 15/6°C, 25/15°C에 배양하였다. 26주 동안 배양하면서 발아율을 관찰하였다. 처리한 종자들을 90×15mm disposable petri dish에 여과지(Whatman No. 2) 2매를 깔고 benomyl 수화제(500 mg·L⁻¹)를 분무하여 약 1시간 정도 소독하였다. 소독 후 증류수로 세척한 후 20립 3반복 완전임의 배치하여 multi-room incubator (DS-13MCLP, Dasol Scientific Co., Ltd., Hwaseong, Korea)에서 배양하였다. 광도는 약 20μ mol·s⁻¹·m⁻²였다.

다. 결과 및 고찰

종자가 성숙되었을 때 배의 크기는 1mm도 안되어 미숙배 종자였다(Fig. 2-9-2). 종자휴면은 물리적휴면, 생리적휴면, 형태적휴면, 형태생리적휴면, 조합휴면의 다섯 가지 유형으로 나눌 수 있다. 30일 내에 배가 다 자라고 발아하는 유형의 종자를 형태적휴면 종자라고 한다. 반면에 배가 자라고 발아하기까지 30일 이상이 소요되고, 휴면을 타파하기 위해서 저온처리, 고온처리, 또는 GA처리를 해야하는 경우, 이를 형태생리적휴면이라 한다. 그림 1-2-4에서 보듯이 모든 온도 조건에서 20주까지 전혀 발아하지 않았기 때문에 형태생리적 휴면이라고 판단되었다.

Fig. 2-9-3에서 보듯이 네 가지 온도 조건에서 배양하였을 때, 모든 온도 조건에서 20주가 될 때까지 전혀 발아하지 않았다. 다만 15/6°C에서 26주째 약간의 발아율을 보였는데, 이는 얼레지 종자가 깊은 휴면을 가지고 있음을 말해준다.

이전 실험에서 복수초, 한계령풀 등의 자생 춘계단명식물들은 종자가 탈리될 때 미숙배 종자이고, 발아가 전혀 안 된다는 것을 확인한 바 있다. 또한 복수초 종자는 휴면 타파하기 위해서 여름철의 고온, 가을철의 중온 및 겨울철의 저온을 순차적으로 받아야 휴면이 타파되고 발아가 촉진되는 것을 밝힌바 있다. 이에 착안하여 고온처리 유무에 따른 휴면타파 유무를 관찰하였다. 25/15°C에 처리하지 않고 곧바로 5°C 또는 15/6°C에 배양하였을 경우, 5°C에서는 26주가 되어도 전혀 발아하지 않았다(Fig. 2-9-4). 반면, 15/6°C에 배양하였을 경우 약간 촉진되었으나 20%도 안 되었다. 그러나 고온에 60일간 처리한 후 5°C와 15/6°C에 배양할 경우 발아가 촉진되었는데, 5°C에 배양할 경우, 약 20.4%, 15/6°C에 배양하였을 경우 약 50% 정도 발아하였다. 이는 얼레지 종자의 휴면이 타파되기 위해서는 고온과 저온이 반드시 필요하다는 것을 의미한다. 따라서 자연상태에서는 5월에 종자가 탈리된 후, 여름철의 고온을 거치고 가을의 중온기로 접어들면서 발아한다는 것을 의미한다.

발아된 종자들은 지속적으로 성장하였으나, 떡잎이 나오진 않았다(Fig. 2-9-5). 이는 아마도 배 휴면이 타파되어 유근이 돌출되어도, 2차로 배축휴면이 있어서 떡잎이 안 나오는 것으로 판단된다. 즉, 자연상태에서는 가을철 중온기 동안에 유근이 돌출되고, 이후 겨울동안의 저온기간을 통해 배축휴면이 타파된다는 것을 의미한다.

일반적으로 생리적인 휴면을 보이는 종자들은 지베렐린을 처리할 경우 휴면이 쉽게 타파되는 것으로 알려져 있다. 따라서 얼레지 종자를 각 농도별로 침지 처리하여 다양한 온도조건에서 배양하였다. GA를 처리하였을 때, 모든 온도 조건에서 14주까지 발아하지 않았다(자료 미제시). 최종 발아율도 GA 0, 10, 100ppm에 침지할 경우, 20% 미만이었다.(Fig. 2-9-6.) 그러나 GA 1,000ppm의 경우 약 70% 정도의 높을 발아율을 보였다. 따라서 GA처리가 얼레지 종자의 휴면을 타파시켰음을 알 수 있었다. 다만, 휴면을 타파시켰지만, 발아속도가 상당히 느리고, 5℃와 25/15℃에선 전혀 발아하지 않았기 때문에 GA가 완전하게 휴면을 타파시키진 못했다고 판단되었다. 따라서 발아 속도를 촉진시킬 수 있는 방법이 추가적으로 밝혀져야 할 것으로 판단된다. 또한 얼레지 종자가 배축휴면을 동시에 가지고 있다는 점을 감안할 때, 실용적인 측면에서 조기에 유묘를 확보하기 위해서는 배축휴면을 타파시킬 수 있는 효과적인 방법이 개발되어야 할 것으로 판단된다.



Fig. 2-9-2. Internal morphology of *Erythronium japonicum* seeds and an excised underdeveloped embryo.

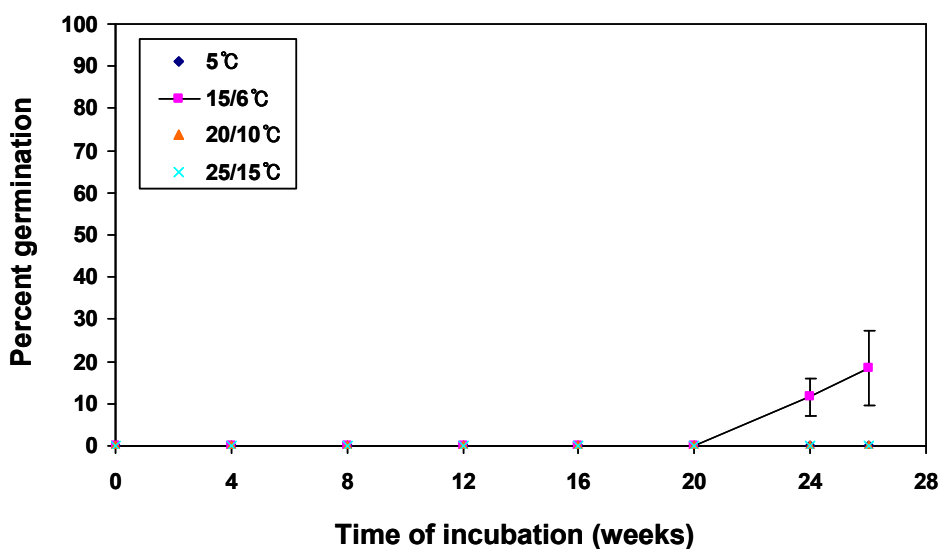


Fig. 2-9-3. Percent germination of *Erythronium japonicum* seeds as affected by different incubation temperatures.

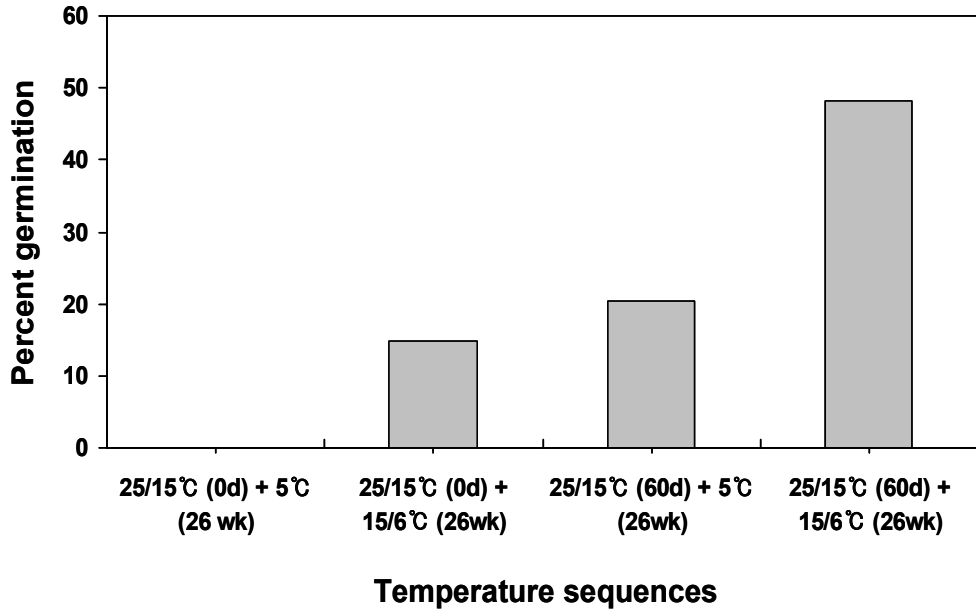


Fig. 2-9-4. Percent germination of *Erythronium japonicum* seeds after incubation at 5°C or 15/6°C following warm stratification at 25/15°C for 0 or 60 days. Percent germination was calculated at 26 weeks after incubation.

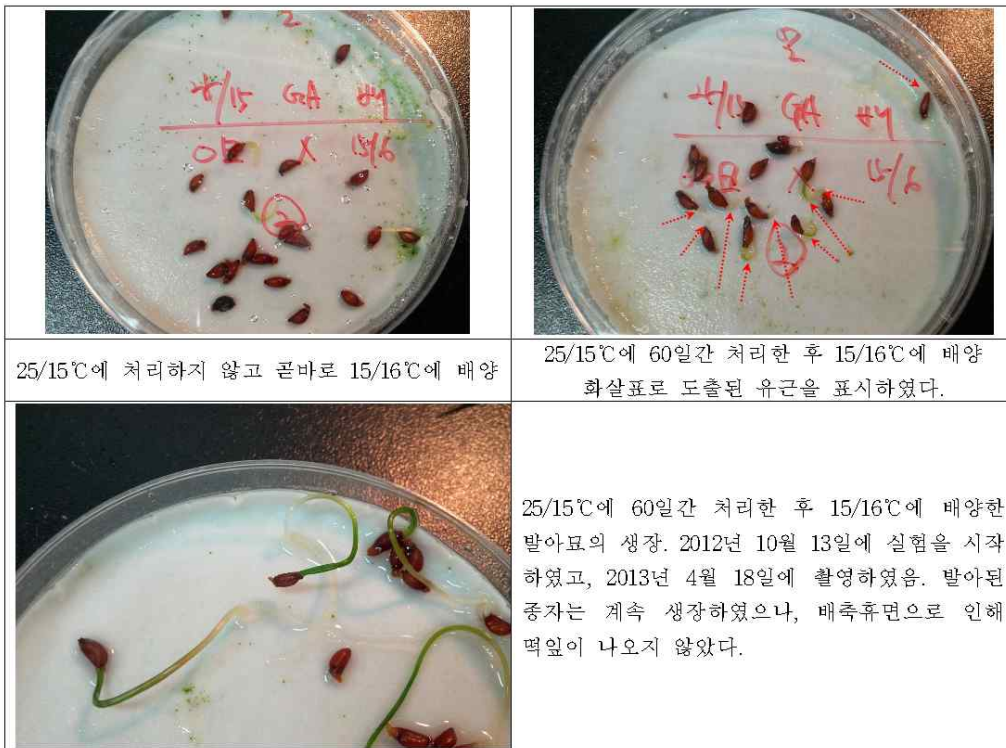


Fig. 2-9-5. Photographs of germination of *Erythronium japonicum* seeds after incubation at 15/6°C following warm stratification at 25/15°C for 0 or 60 days.

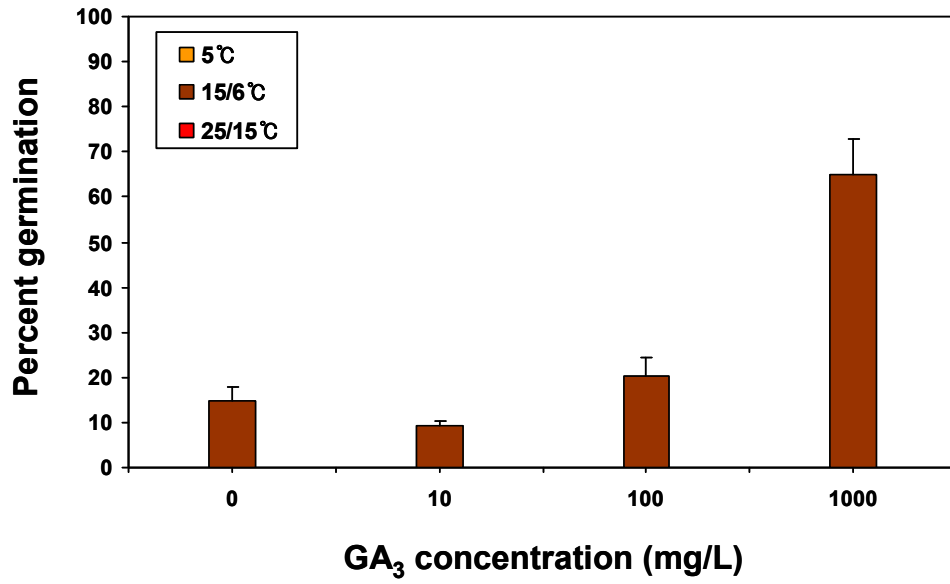


Fig. 2-9-6. Effect of GA₃ treatment on dormancy break and germination of *Erythronium japonicum* seeds. Percent germination was calculated at 26 weeks after the treatment.

10. 형태생리적휴면(MPD, morphophysiological dormancy)과 형태적휴면(MD, morphological dormancy)의 생리생태적 원인 구명

가. 연구목적

1차년도 실험에서 매발톱꽃 종자는 미숙배 종자지만 30일 이내에 배발달과 발아가 이루어졌다. 따라서 형태적휴면으로 분류하였다. 반면, 복수초 종자의 경우 여름철의 고온, 가을철의 중온, 이어서 겨울철의 저온을 받아야만 배가 발달하고 발아가 되는 형태생리적휴면으로 분류하였다. 일반적으로 종자의 휴면은 내생 호르몬에 의해 조절된다고 알려져 있다. 특히 지베렐린(GA)과 앱시스산(ABA)의 함량에 의해 조절되는데, 이 두 호르몬의 비율이 휴면성을 결정한다고 알려져 있다. 그러나 저온처리를 통해 휴면타파가 되는 생리적휴면 종자에서 대부분 연구되었고, 종자의 배가 미숙해서 나타나는 형태적휴면 또는 형태생리적휴면을 보이는 종자에서는 보고된 바가 없었다. 따라서 본 연구에서는 이러한 차이가 어떻게 조절되는지 알아보려고 하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 종자수집

복수초 종자는 2012년 5월 6-16일, 매발톱꽃의 종자는 6월 18일에 경기 용인의 한택식물원에서 채종하였다. 채종 후 서울대학교 농업생명과학대학으로 가져와 곧바로 실험을 수행하였다.

(2) 자연상태에서의 배발달과 발아 및 유묘출현 조사

각 종자를 서울대학교 농업생명과학대학 4층 옥상의 낙엽수 하부에 과중하여 시기별로 배발달, 발아, 유묘출현 양상을 조사하였다. 구체적인 방법은 위 실험들과 동일한 조건으로 하였다. 또한 다양한 호르몬을 처리한 후 배발달과 발아양상을 조사하였다. 총 13가지 호르몬 조합을 처리하였다(Table 2-10-1). 사용된 호르몬 중 fluridone은 ABA 생합성 억제제이고, paclobutrazol은 GA 생합성 억제제이다.

Table 2-10-1. Various PGRs treatment.

Treatment	Various PGRs combinations
1	Control
2	GA ₃ 100ppm
3	GA ₄₊₇ 100ppm
4	ABA 100ppm
5	Fluridone 20ppm
6	Paclobutrazol 50ppm
7	GA ₃ + Fluridone
8	GA ₃ + Paclobutrazol
9	GA ₃ + ABA
10	GA ₄₊₇ + Fluridone
11	GA ₄₊₇ + Paclobutrazol
12	GA ₄₊₇ + ABA
13	ABA + Fluridone

매발톱꽃 종자는 채종 직후인 초기와 자연상태에 과종한지 6일째에 두 번에 걸쳐 각 호르몬을 처리하였다. 복수초는 자연상태에 과종한 후 종자를 매달 실험실로 입실하여 각 호르몬을 처리하였다. 뿐만 아니라, 시기별로 필드에 과종한 종자를 샘플링하여 내생호르몬을 분석하였다. 호르몬 분석방법은 Geng et al. (2007), Miao et al. (2011), Zhang et al. (2012)의 분석방법을 일부 변형하여 실시하였다. ABA, GA₄, GA₃의 함량을 HPLC-ESI-MS/MS 로 분석하였다.

다. 결과 및 고찰

자연상태에서의 매발달과 발아 양상을 조사하였다(Fig. 2-10-1). 이전 실험에서와 같이 매발톱꽃 종자의 경우, 여름철 고온기 동안 30일 이내에 매발달과 발아단계가 완성되었다. 반면에, 복수초 종자의 경우 여름철 고온기를 지나고 가을철 중온과 겨울철 저온기를 거치면서 매발달이 완성되었으나, 발아는 이듬해 봄에 일어났다. 따라서 복수초의 경우 매발달과 발아과정의 중간에 겨울철의 긴 저온기간이 있음을 알 수 있다.

다양한 호르몬 조합을 처리하여 발아율을 조사하였다(Fig. 2-10-2). 매발톱꽃의 경우, 대조구에서도 배양 30일째 75% 이상 발아하였다. ABA를 처리한 경우, 발아가 약간 지연되었으나 최종 발아율에서는 차이가 없었다. GA를 처리한 경우, 발아가 약간 촉진되었으나 최종 발아율에서는 뚜렷한 차이가 없었다. 그러나 paclobutrazol을 처리한 경우, 발아가 완전히 억제된 것을 확인하였고, paclobutrazol과 GA를 조합처리한 경우, 발아율이 약간 회복되었으나, 그 효과는 GA₄를 처리한 경우에 더 높았다.

복수초의 경우 채종 초기에 다양한 호르몬 조합을 처리한 결과, GA를 처리한 경우에서 모두 과피의 열 개 정도가 높아졌다(Fig. 2-10-3). 이는 GA 처리가 배의 발달을 촉진시켰다는 증거로 볼 수 있다. Fluridone을 단일 처리한 경우 뚜렷한 차이는 없었으나, fluridone, paclobutrazol, ABA를 GA와 조합 처리한 경우 모든 조건에서 과피열개는 촉진되었다.

자연상태에서 배가 발달하는 시점인 9월 26일과 11월 6일에 다양한 호르몬 조합을 처리하였다(Fig. 2-10-4). 대조구에서는 과피열개와 발아가 거의 나타나지 않았다. 반면에, GA를 단독 처리하거나 fluridone과 함께 처리한 경우에 과피열개가 상당히 촉진된 것을 확인하였다. 뿐만 아니라, fluridone과 GA를 함께 처리한 경우, 발아율까지 높아졌는데, 60% 이상의 발아율을 보였다. 따라서 복수초의 종자휴면에 있어서 내생 ABA와 GAs가 작용하고 있음을 추측할 수 있다.

자연상태에서 매발달이 완성되고 겨울철의 저온을 겪는 시기인 1월 4일, 2월 29일과 발아하는 시점인 3월 3일에 다양한 호르몬 조합을 처리하였다(Fig. 2-10-5). 1월 4일에 처리한 경우, 대조구도 60% 가까이 발아하였고, GA를 처리한 경우 더욱 촉진되었다. ABA를 처리한 경우 발아가 다소 지연되었으나 최종 발아율은 대조구와 차이가 없었다. 그러나 paclobutrazol을 처리한 경우 모든 시기에서 발아가 지연되었고 발아율도 낮았다. Fluridone과 GA를 조합처리한 경우, 발아속도가 빨랐고 최종 발아율도 높아졌다.

매발톱꽃과 복수초 종자의 자연상태에서의 내생호르몬 변화를 조사하였다(Fig. 2-10-6). 분석 결과, 매발톱꽃의 경우, 채종 시점에 ABA함량이 상당히 높게 나타났다. 그러나 과종 이후에 그 함량은 급격히 감소하였다. GA 함량은 채종 시점에 낮았다가 과종 이후에 급격히 증가하는 경향이였다. GA₃에 비해서 GA₄의 함량이 훨씬 높아서 총 GA 함량은 GA₄의 함량에 의존적이였다. 과종 이후 GA/ABA의 비율도 지속적으로 증가하는 경향이였다. 따라서 매발톱꽃의 종자가 미숙배를 가지고 있지만 매발달과 발아과정이 30일 이내에 완성되었던 이유는 고온

기 동안에 ABA함량의 급격한 감소와, GA 함량의 증가를 통해 GA/ABA의 비율이 높아졌기 때문으로 판단할 수 있다.

복수초 종자의 경우, 매발톱꽃과 마찬가지로 채종 시점에 내생 ABA 함량이 상당히 높았으나, 파종 직후 급격히 감소하였다(Fig. 2-10-7). 자연상태에서 배발달이 진행되는 가을철 동안 ABA는 거의 분석되지 않았으나, 배의 발달이 완성된 시점인 12월 말에는 다시 증가하였고, 이후 겨울철의 저온기간 동안 함량이 다시 감소하는 경향이였다.

총 GAs 함량은 GA₄의 함량에 의존적이였다. 채종시에 함량이 낮았으나, 파종 이후 여름철의 고온기와 가을철의 중온기를 지나면서 GA₄의 함량이 지속적으로 증가하는 경향이였다. 그러나 자연상태에서 배가 다 자란 시점인 12월 말경에는 함량이 다시 낮아졌다가 겨울철의 긴 저온기간을 거친 이후에 다시 높아지는 경향이였다. 복수초 종자의 미숙배의 발달과 발아하는 과정은 GA/ABA의 비율과 상당히 유사한 패턴을 보인다는 것을 알 수 있었다.

결론적으로 자연상태에서 복수초 종자가 탈리된 이후에, 여름철 고온기간이 ABA함량을 낮추고, 가을철 중온이 내생 GA 함량을 높여주어서 배발달을 촉진시킨 것으로 판단되였다. 배발달이 완성되는 시점에는 다시 내생 ABA 함량이 높아져서 이어지는 발아단계를 지연시키고 겨울철의 저온이 이 ABA함량을 낮추는 동시에 GA 함량을 높여주어서 비로소 발아 단계로 전이된다는 것을 확인할 수 있었다. 과거에는 일반적으로 저온처리나 후숙처리를 통해서 휴면이 타파되는 생리적휴면을 가지고 있는 종자들의 내생호르몬의 변화가 연구되였다. 그러나 종자가 미숙배를 가지고 형태생리적휴면을 가지고 있는 종들, 특히 미나리아재비과와 같은 진화 초기의 식물에 있어서는 종자휴면과 내생호르몬의 관계에 관한 연구가 거의 없었다. 따라서 본 연구결과는 추후 이러한 종자휴면의 생태생리를 연구하는데 있어서 매우 중요한 기초자료가 될 것이다.

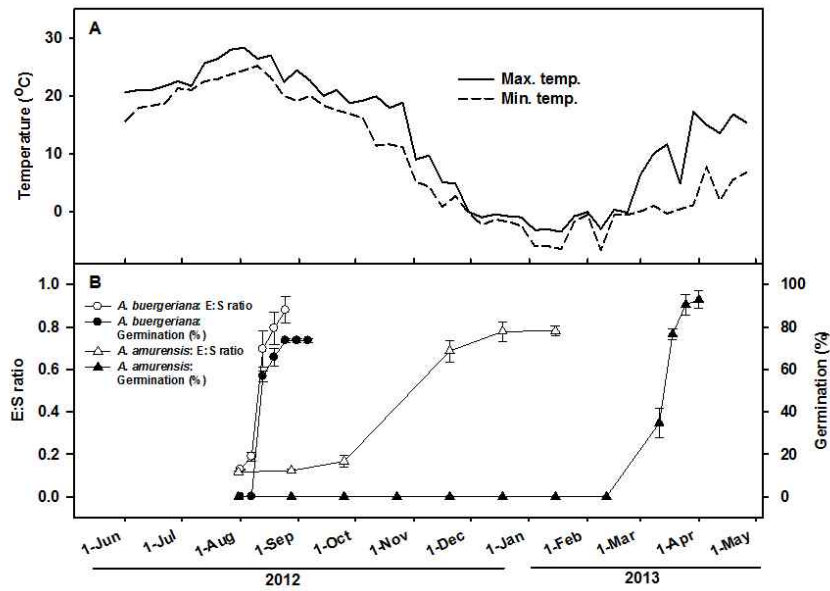


Fig. 2-10-1. Mean daily maximum and minimum soil temperatures and embryo growth and germination of *Aquilegia buergeriana* and *Adonis amurensis* seeds buried at a depth of 3 cm in 2012. The E:S ratio is the ratio of embryo length to seed length. The soil temperature was measured at a depth of 3 cm. Vertical bars represent SE.

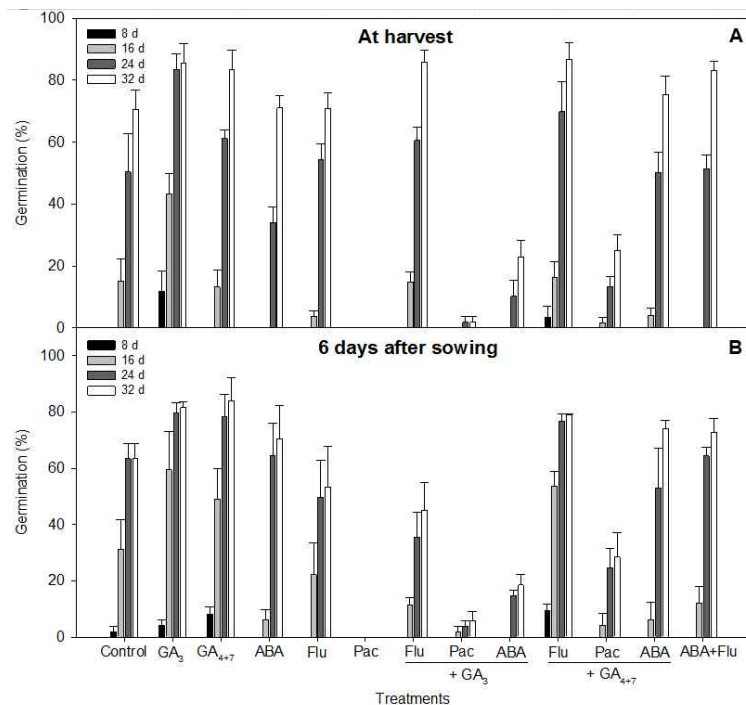


Fig. 2-10-2. Percent germination of *Aquilegia buergeriana* seeds as affected by combinations of plant growth regulators (PGRs). Seeds were collected on 18 Jun. 2012, after which the seeds were buried in an experimental garden on 1 Aug. 2012. PGRs were treated at harvest (A) and also treated with seeds that were exhumed at 6 days after sowing (on 7 Aug. 2012) (B). The seeds were soaked in a solution of each combination for 24 h and germinated under 25/15°C and 12h photoperiod conditions for 32 days.

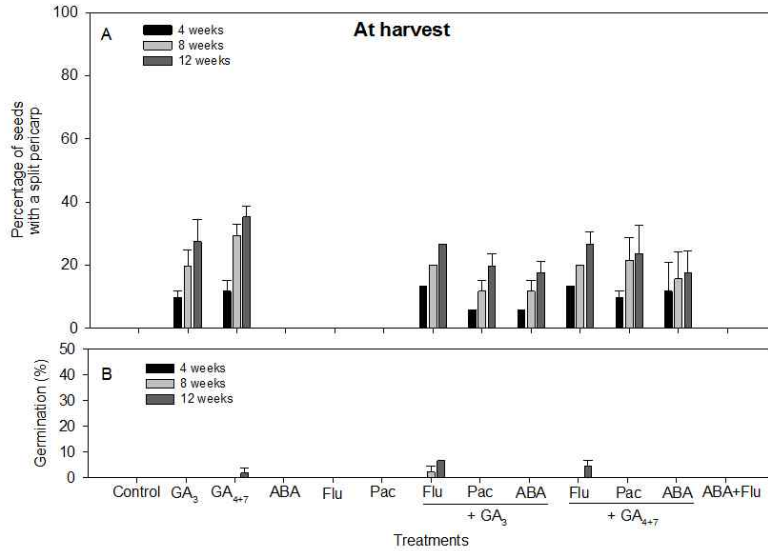


Fig. 2-10-3. Pericarp dehiscence (A) and germination (B) of *Adonis amurensis* seeds as affected by combinations of plant growth regulators (PGRs). Seeds were collected on 6-16 May 2012, and then treated with the PGRs. Seeds were soaked in a solution of each combination for 48 h and were germinated under 15/6°C and 12h photoperiod conditions for 16 weeks.

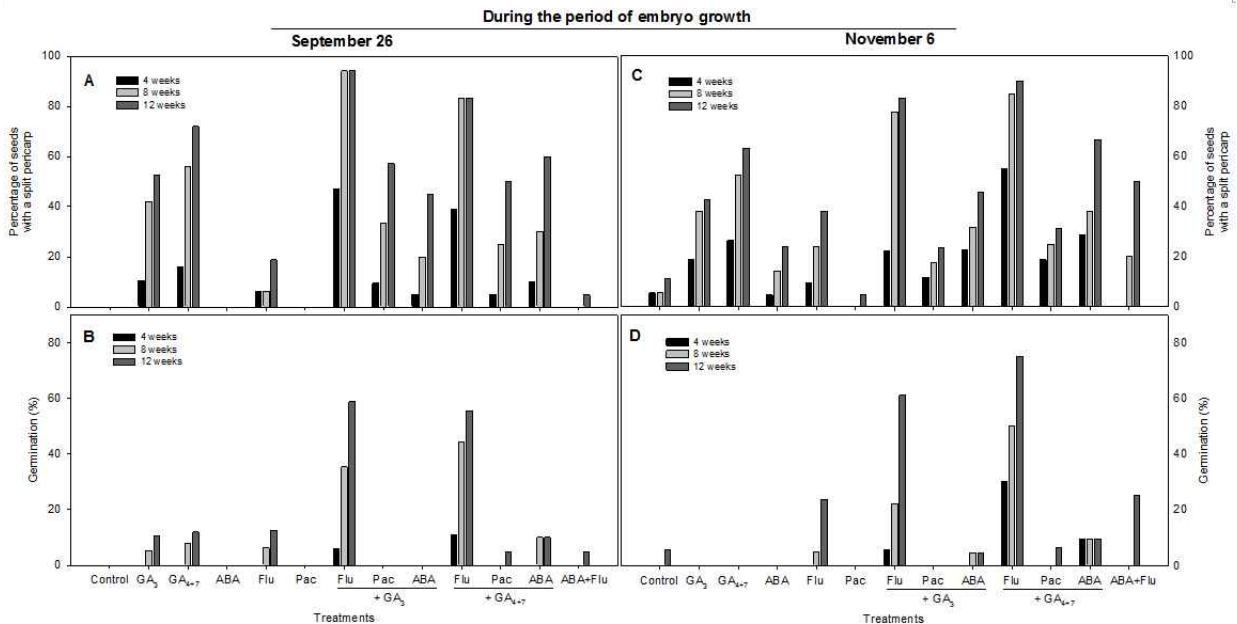


Fig. 2-10-4. Pericarp dehiscence (A and C) and germination (B and D) of *Adonis amurensis* seeds as affected by combinations of plant growth regulators (PGRs). Seeds were collected on 6-16 May 2012 and buried in an experimental garden on 15 Jul. 2012, and were exhumed on 26 Sep. (A and B) and on 6 Nov. (C and D) in 2012, respectively, and then treated with the PGRs. Seeds were soaked in a solution of each combination for 48 h and were germinated under 15/6°C and 12h photoperiod conditions for 16 weeks.

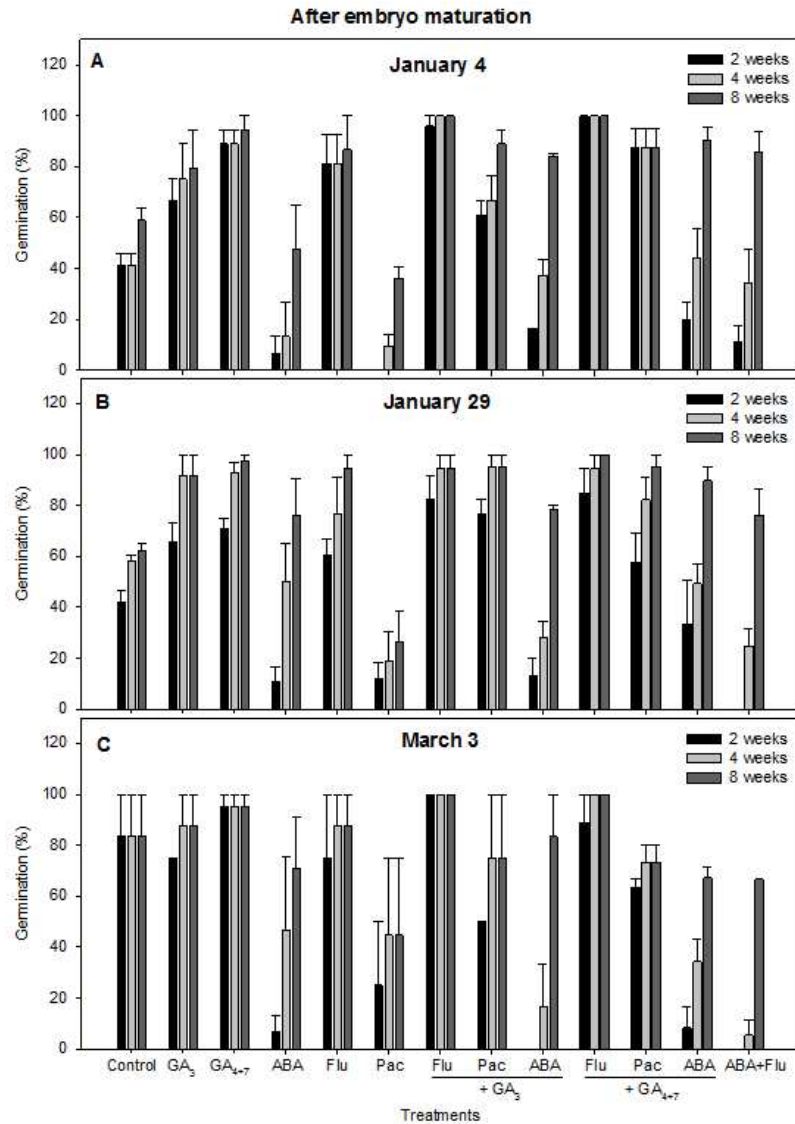


Fig. 2-10-5. Germination of *Adonis amurensis* seeds as affected by combinations of plant growth regulators (PGRs). Seeds were collected on 6-16 May 2012 and buried in an experimental garden on 15 Jul. 2012, and then were exhumed on 4 Jan. (A), 29 Jan. (B) and on 3 Mar. (C) in 2013, and treated with the PGRs. Seeds were soaked in a solution of each combination for 48 h and were germinated under 15/6°C and 12h photoperiod conditions for 12 weeks.

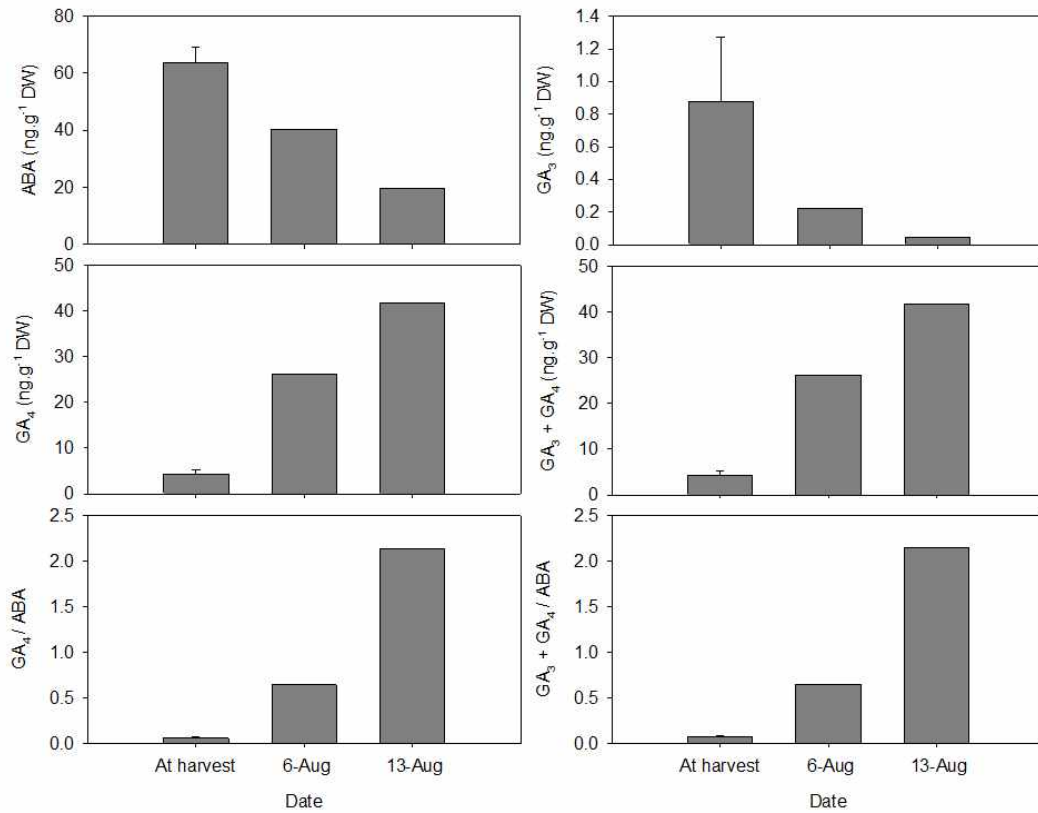


Fig. 2-10-6. Changes in the concentrations of endogenous phytohormones (ABA and GAs) in seeds of *Aquilegia buergeriana*. Seeds were collected on 18 Jun. 2012 and stored dry at 5°C. The seeds were buried in an experimental garden on 1 Aug. 2012, and then were exhumed on 6 Aug. (5 days after sowing) and 13 Aug. 2012 (12 days after sowing).

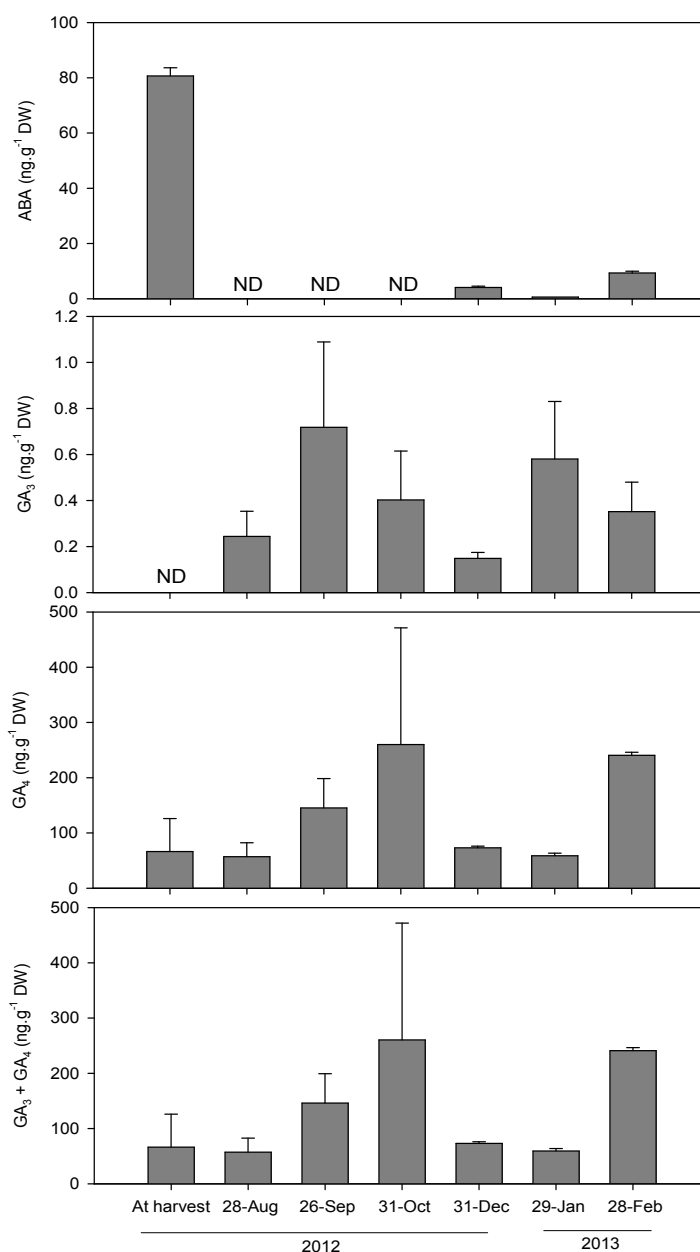


Fig. 2-10-7. Changes in the concentrations of endogenous phytohormones (ABA and GAs) in seeds of *Adonis amurensis*. Seeds were collected on 6-16 May 2012 and stored dry at 5°C. The seeds were buried in an experimental garden on 15 Jul. 2012, and then were exhumed on 28 Aug., 26 Sep., 31 Oct., and 31 Dec. in 2012 and 26 Jan. and 28 Feb. in 2013.

제 3 절 개화조절을 통한 주년 재배기술 개발

1. 얼레지(*Erythronium japonicum*)

가. 연구목적

4월에 우리나라 대부분의 깊은 산에는 반드시 얼레지가 피어있다. 서로 어우러져 군락을 이루며 피어있는 모습은 우리나라 자생식물의 아름다움을 보여주는 하나의 장관이다. 얼레지는 우리나라 각 지방의 높은 산지에 그늘지고 비옥한 숲속에서 군락을 이루며 자라는 백합과 여러해살이 풀이다. 식물체의 크기는 높이가 약 20-30cm 정도로 자라며 비늘줄기는 땅 속으로 약 25-30 cm 정도 깊게 들어가 있다. 비늘줄기는 긴 계란형이며 길이 약 7-8cm 정도 되거나 해를 지낸 나이에 따라 크기가 다르다. 잎은 2장이고 녹색 잎에 자주색 반점이 잎 전체에 흩어져 있으며 꽃은 4월에 꽃자루 끝에 1송이 씩 아래를 향하여 홍자색으로 핀다.

얼레지는 관상용, 식용, 약용으로 사용되고 있다. 관상용으로는 꽃이 아름답고 봄철에 일찍 피기 때문에 반그늘의 화단이나 화분에 여러 포기를 함께 심어 가꾸면 좋다. 먹을 것이 많지 않았던 옛날에는 얼레지의 잎이나 비늘줄기를 식용으로 사용하였다. 얼레지는 개화기가 4월에 한정되어 있어서 감상할 수 있는 기간이 짧다. 따라서 본 연구에서는 얼레지의 개화 생리 연구를 통해 개화방법을 구명하여 주년재배를 할 수 있는 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 자생식물 포장 조성

360×315×20cm 부피의 공간을 만들고 그 위에 부직포를 깔 뒤 마사토(400kg), 파라소(600L)와 피트모스(1700L)를 섞어 채웠다. 이후 자연상태의 조건을 구현하기 위해 75% 차광막을 설치하였고 실제 약 65% 정도 차광되게 조성하였다(Fig 3-1-1).



Fig 3-1-1. Experimental plot at the experimental farm of Seoul National University, Suwon, Korea.

(2) 식물체 수집

휴면실험용 구근은 2012년 4월 30일에 농가(평창고산식물)에서 3-4년생 얼레지를 구매하였다. 구근의 길이는 5-7cm 정도였다. 구근은 12cm pot에 원예상토(Sunshine Mix #4)와 함께 식재하였다. 화분은 실험 plot에 배치하였고 포트에 데이터로거와 온도센서를 장착하여 매 30분마다 지온을 기록하였다.

(3) 입눈과 화아의 분화과정 관찰

3-4년생 구근을 입눈의 분화 관찰용으로 사용하였다. 실험용 plot에서 관리하던 식물 중 5개를 샘플링하였다. 2012년에는 6월 29일, 7월 27일, 8월 31일, 9월 28일, 10월 26일, 11월 30일, 및 12월 28일에 입눈의 분화를 관찰하였고 2013년 1월 25일에도 관찰하였다.

화아분화 관찰용 구근은 한택식물원에서 10년 이상된 구근을 공급받아 사용하였다. 구근을 위와 동일한 조건으로 식재, 관리하였고 2013년 6월 28일, 7월 26일, 8월 30일, 9월 27일, 10월 31일, 11월 29일, 및 12월 27일에, 2014년 1월 31일에 화아분화를 관찰하였다.

(4) 저온처리 실험

자연 저온처리를 위해서, 실험 plot에서 관리하던 화분을 2012년 9월 28일, 10월 26일, 11월 30일, 12월 28일에 입실하였고, 2013년에는 1월 25일, 2월 22일에 입실하였다. 각 시기별로 생장모듈에 입실하였는데, 모듈은 주/야 18°C/12°C로 유지하였고 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ 광도로 12시간 일장으로 조사하였다.

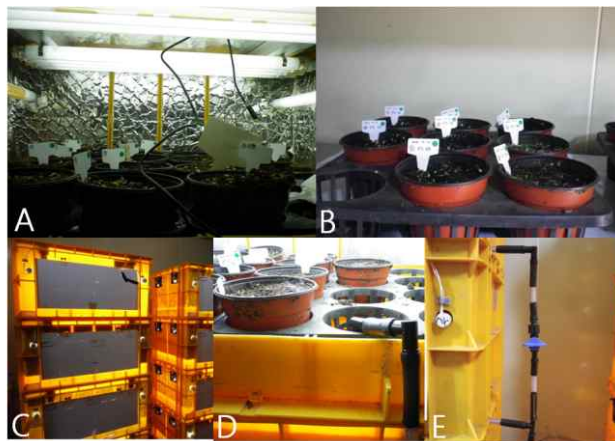


Fig 3-1-2. Growth module for forcing. (A) pots in a module, (B) pots in a cold storage room (5°C) for artificial chilling treatments, (C) growth modules, (D) irrigation, (E) irrigation line.

또한 인공저온처리를 통하여 휴면을 타파할 수 있는지 알아보기 위해, 5°C로 유지되는 저온 저장고에 얼레지 구근을 넣고 저온처리 하였다. 자연상태에서 관리하던 화분을 10월 12일과 11월 16일에 저온고로 이동하여 0, 2, 4, 8, 12주간 처리하였다. 인공저온처리 후에는 생장모듈에서 측정하였다.

(5) 휴면타파 이후의 적정 생장온도 구명

생장상을 각각 일장 12시간으로 유지하여 주/야 온도 5/5℃, 15/6℃, 20/10℃와 25/15℃로 세팅하였다. 저온이 충족된 2월에 얼레지 구근을 실험실로 가져와 생장상에서 축성재배 하였다. 축성 후 10주간 멍아와 생장상태를 조사하였다.

(6) 데이터 수집

멍아율, 멍아소요일수, 엽장 및 엽폭을 조사하였다. 또한 저온처리 기간을 chill unit으로 계산하여 저온 요구도를 수치화하였다.

다. 결과 및 고찰

잎눈의 발달을 관찰하였다(Fig. 3-1-4). 6월경 자연상태에서 지상부의 잎은 휴면에 들어간다. 그러나 지하부 구근 내부의 잎눈이 곧바로 형성된 것을 확인하였다. 이 잎눈은 8월까지 생장이 미미하다가 가을철에 접어들면서 급속히 신장하였고, 이듬해 1월경에는 구근 밖으로 잎눈이 튀어나오는 것을 확인하였다.

화아분화 과정을 관찰하였다(Fig. 3-1-6). 6월경 즉, 지상부의 잎이 휴면에 들어가는 시기에 이미 지하부 구근 내부에는 화아가 유도되고 있었다. 6월 28일에는 꽃잎, 수술 및 암술이 유도되기 시작하였다. 그러나 형태는 뚜렷하지 않았다. 7월 말이 되면서 각 기관의 형태가 뚜렷해지기 시작하였다. 잎눈과 마찬가지로 7월까지의 화아의 길이생장이 미미하다가 이후 8월로 가면서 급속히 신장하였고 12월 까지 지속적으로 신장하였다(Fig. 3-1-7). 10월경에는 각 기관의 색깔이 변하기 시작하여 붉은 색을 띄기 시작하였고, 모양이 뚜렷하게 발달하였다.

일반적으로 많은 숙근성 초화류들의 화아가 여름철의 고온기를 지나고 가을에서 겨울로 지나면서 발달하는 것으로 알려져 있는데, 얼레지의 경우 지상부의 잎이 휴면에 들어감과 거의 동시에 구근 내부의 화아가 분화된 점을 통해 상당히 빨리 화아를 분화시키는 것으로 판단되었다.

입실시기에 따른 휴면타파 양상을 조사하였다(Table 3-1-1, Fig. 3-1-8). 9월 28일부터 12월 28일까지 입실한 경우, 멍아율이 15% 미만이었다. 그러나 1월 25일부터 입실한 경우는 100% 멍아되었다. 따라서 얼레지 구근의 내재휴면을 타파시키기 위한 저온요구도는 12월 말에서 1월 말 사이 기간에 충족되는 것으로 판단되었다. 얼레지 구근은 12월 28일 입실시에 1,122 CCU, 1월 25일 입실시에는 1,794 CCU를 받은 상태였기 때문에 저온요구도는 1,122 - 1,794 CCU 사이에서 충족되는 것으로 보인다.

인공 저온처리한 실험 결과, 10월 12일에는 5℃에 12주 이상 처리해야 80% 가까이 멍아되었고, 11월 16일에는 8주 이상 처리해야 80% 가까이 멍아되었다(Fig. 3-1-9, 10). 10월에 5℃, 12주 처리한 경우는 2,061 CCU를, 11월에 8주 처리한 경우는 1,483 CCU를 받은 상태였기 때문에, 인공저온처리에서는 1483 - 2061 CCU 사이에서 저온요구도가 충족되는 것으로 보인다. 종합적으로 판단해보면 저온요구 시간이 1,483-1,794 CCU를 충족시켜 주는 것이 얼레지 구근의 휴면을 타파시키는데 유효할 것으로 판단된다.

2월경 내재휴면이 타파된 구근을 각 온도 조건별로 재배하였다. 5℃에서는 멍아가 지연되었고 20, 25℃에서는 멍아가 촉진되었으나 각각 8, 6주째 잎이 탈리되기 시작하였다(Fig. 3-1-11). 반면에 15/6℃에서는 멍아도 촉진되었고 잎의 생장기간이 상당히 길어진 것을 통하여 봄철의 온도 조건이 멍아 이후 안정적인 생장을 위해서 중요하다는 것을 알 수 있었다.

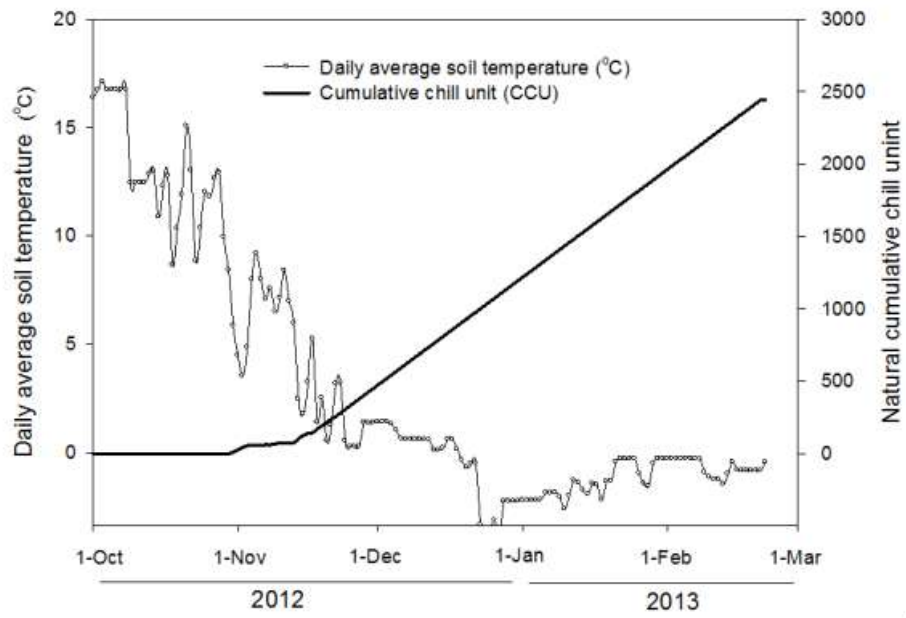


Fig 3-1-3. Changes in daily soil temperature and cumulative chill unit measured at 5 cm depth from October, 2012 to February, 2013.

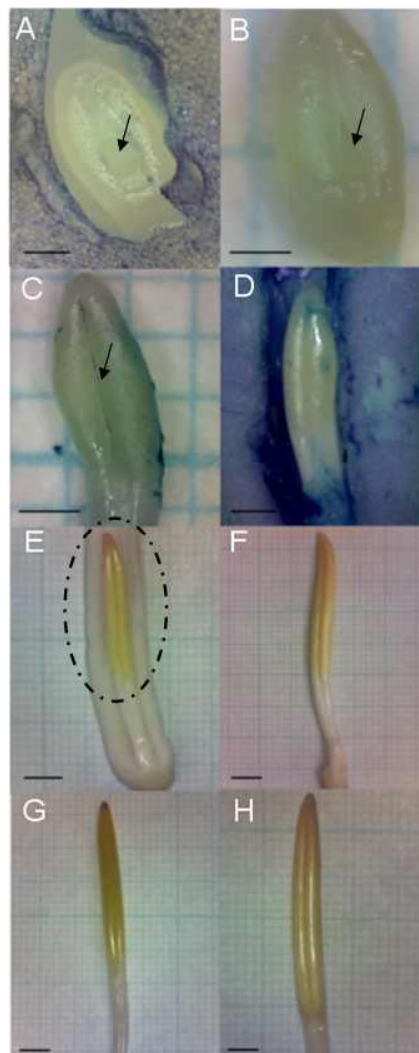


Fig 3-1-4. Development of leaf buds in the 3-4 year-old vegetative bulbs of *Erythronium japonicum*. The bulbs were sampled on 29 Jun. (A), 27 Jul. (B), 31 Aug. (C), 28 Sep. (D), 26 Oct. (E), 30 Nov. (F), 28 Dec. (G) in 2012, and 25 Jan. (H) in 2013, respectively. Arrows indicate the recessed parts of the curled leaf bud in the 3-4 year old vegetative bulbs. The dotted circle indicates the color change of the leaf buds on 26 Oct. Scale bars are 0.5 mm for A and B, 1 mm for C and D, and 5 mm for E, F, G, and H, respectively.

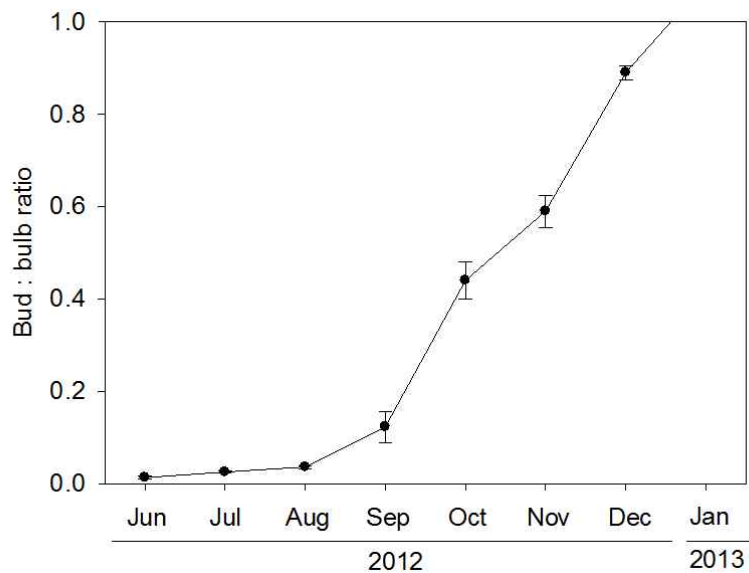


Fig 3-1-5. Changes in leaf bud/bulb ratio in the 3-4 year-old vegetative bulbs of *Erythronium japonicum* from June, 2012 to January, 2013. In January, leaf bud protruded from the outside of the plant bulbs

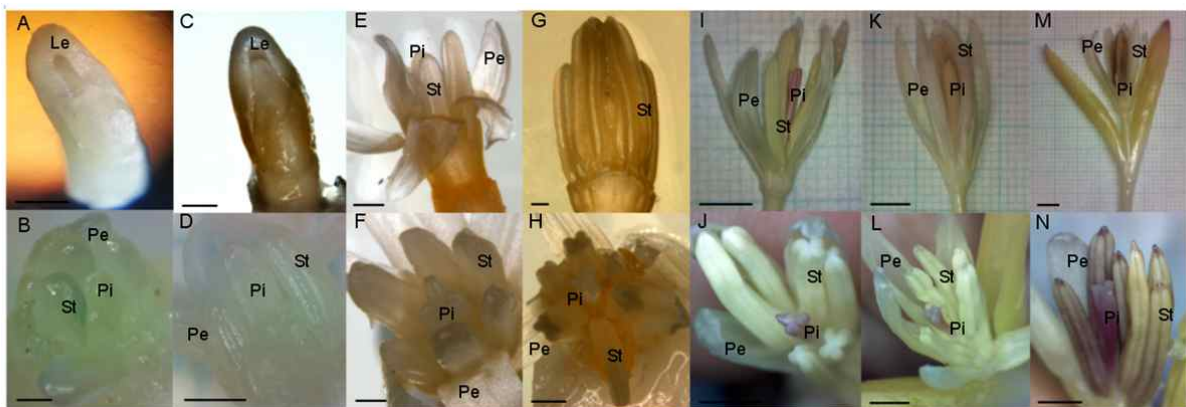


Fig 3-1-6. Development of flower buds in the >10 year-old bulbs of *Erythronium japonicum*. The flower buds were observed on 28 Jun. at start (A and B), 26 Jul. (C and D), 30 Aug. (E and F), 27 Sep. (G and H), 25 Oct. (I and J), 29 Nov. (K and L), and 27 Dec. (M and N), respectively. Scale bars are 1 mm for A, C, G, and H, 0.2 mm for B and F, 0.5 mm for D and E, and 5 mm for I, J, K, L, M and N, respectively. Pi, Pistil; St, Stamen; Pe, Petal; and Le, Leaf.

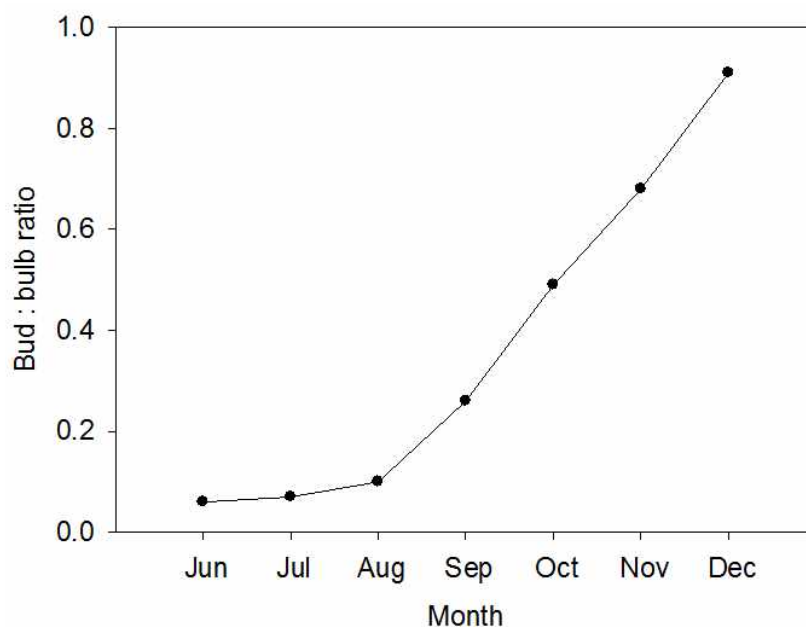


Fig 3-1-7. Changes in flower bud/bulb ratio in the >10 year-old bulbs of *Erythronium japonicum* from June to December, 2013.

Table 3-1-1. Effect of transferring date from field to growth module on days to sprouting, percent sprouting, leaf length, and width of *Erythronium japonicum*.

Transferring date	CCU ^z	Days to sprouting	Sprouting (%)	Leaf	
				Length (cm)	Width (cm)
Sep. 28	0	- ^y	-	-	-
Oct. 26	0	-	-	-	-
Nov. 30	400	-	-	-	-
Dec. 28	1,122	28.0 a ^x	15.3	6.50 a	4.40 a
Jan. 25	1,794	19.6 ab	100	7.49 a	4.13 a
Feb. 22	2,442	14.1 b	100	8.56 a	4.35 a
Significance		**		NS	NS

^zNatural cumulative chill unit (CCU).

^yNot detected (not shown until the end of experiment).

^xMean separation within columns by Tukey's honestly significant difference (HSD) test at $P \leq 0.05$.

**^{NS}, Significant at $p \leq 0.05$. and non-significant.



Fig 3-1-8. Effect of transferring date from field to growth module on sprouting of *Erythronium japonicum*. Transition time from a natural low temperature condition to a normal growth condition is defined post around 25 Jan., 2013 in Korea. Pots were photographed after 56 days of forcing.

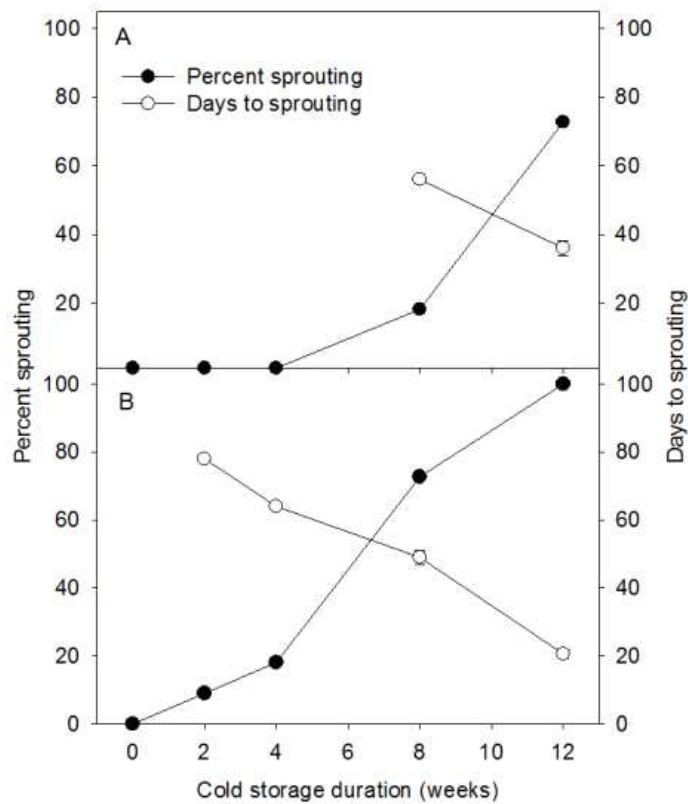


Fig 3-1-9. Effect of cold storage duration on days to sprouting and percent sprouting of *Erythronium japonicum*. The dormant bulbs were subjected to 5°C for 0, 2, 4, 8, and 12 weeks in 12 Oct. (A) and 16 Nov. (B). Before the beginning of the artificial chilling treatment in November, the dormant burbs had already been exposed to 139 CCU in an open field.

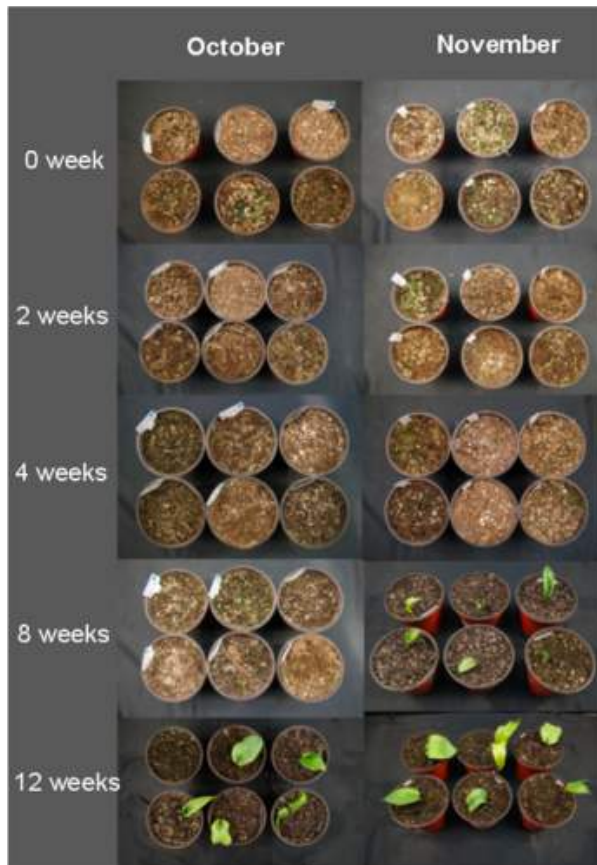


Fig 3-1-10. Effect of cold storage duration on sprouting of *Erythronium japonicum*. Dormant bulbs of *E. japonicum* were subjected to 5°C for 0, 2, 4, 8, and 12 weeks in 12 Oct. and 16 Nov. Before the beginning of the artificial chilling treatment in November, the dormant burbs had already been exposed to 139 CCU in an open field.



Fig 3-1-11. Effect of temperature regimes on sprouting and growth in *Erythronium japonicum*.

2. 처녀치마(*Heloniopsis koreana*)

가. 연구목적

처녀치마는 전국 산지에서 자라는 숙근 초화이다. 처녀치마는 한국·일본 등지에 분포한다. 생육환경은 습지와 물기가 많은 곳에서 서식한다. 키는 10-30cm이고, 잎은 길이가 6-20cm이며 둥근 방석처럼 둥글게 퍼지고 윤기가 많이 나며 끝이 뽀족하다. 꽃은 적자색으로 줄기 끝에서 3-10개 정도가 뭉쳐 달린다. 꽃잎 밖으로는 수술대보다 긴 암술대가 나와 있다. 처녀치마의 잎은 땅이 녹으면서 바로 지상부로 올라오게 되는데, 이 시기는 이른 봄으로 초식동물의 먹이가 없는 시기이기 때문에 초식동물의 주 표적이 된다. 꽃이 필 때 꽃대는 작지만, 꽃이 질 때쯤에는 길이가 원래보다 1.5-2배 정도 자라 있다. 처녀치마란 잎이 땅바닥에 사방으로 둥글게 퍼져 있는 모습이 옛날 처녀들이 즐겨 입던 치마와 비슷하다 하여 붙여진 이름이다.

처녀치마는 잎의 지상부 생육기간이 길고(봄-가을), 꽃이 아름다워 관상가치가 있지만 휴면 생리에 관한 기존 정보가 전혀 없었다. 따라서 본 연구에서는 처녀치마의 휴면생리를 구명하여 추후 개화조절을 위한 기초자료를 얻고자 수행하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 자생식물 포장 조성

얼레지 실험과 동일하게 조성하였다.

(2) 식물체 수집

2012년 평창고산식물에서 개화주(360주)를 구매하였고, 2013년에는 사천식물원에서 처녀치마를 구매하였다. 구매한 식물체는 10cm pot에 식재되어 있었는데, 각 개체를 12cm pot에 원예상토(Sunshine Mix #4)와 함께 이식하였다. 화분은 실험 plot에 배치하였고 포트에 데이터로거와 온도센서를 장착하여 매 30분마다 지온을 기록하였다.

(3) 화아분화 관찰

자연상태에서의 맹아, 개화, 잎의 생장 및 휴면 유기 과정의 phenology를 사진 촬영하였다. 또한 2013년 4월 28일, 5월 30일, 6월 27일, 7월 31일, 8월 29일, 10월 31일, 및 11월 28일에 노지에서 자라던 처녀치마를 샘플링하여 화아분화 과정을 관찰하였다.

(4) 저온처리 실험

자연 저온처리를 위해서, 실험 plot에서 관리하던 화분을 2013년 9월 27일, 10월 25일, 11월 29일, 12월 27일에 입실하였고, 2014년에는 1월 31일에 입실하였다. 각 시기별로 유리온실로 입실하였다. 온실 내의 실험 배드는 상부에 차광막을 설치하여 직사광선을 차단하였고 데이터로거를 설치하여 기온과 pot의 온도를 측정하였다(Fig 3-2-1).

또한 인공저온처리를 통하여 휴면을 타파할 수 있는지 알아보기 위해, 5°C로 유지되는 저온 저장고에 처녀치마 화분을 넣고 저온처리 하였다. 자연상태에서 관리하던 화분을 10월 18일과 11월 15일에 저온고로 이동하여 0, 2, 4, 8, 12주간 처리하였다. 인공저온처리 후에는 온실로 입실하여 측정재배하였다.



Fig 3-2-1. Greenhouse, experimental bed, and data logger setting at the experimental farm of Seoul National University, Suwon, Korea.

(5) 데이터 수집

맹아율, 맹아소요일수, 엽장 및 엽폭을 조사하였다. 또한 저온처리 기간을 chill unit으로 계산하여 저온 요구도를 수치화하였다. Chill unit은 일 평균기온이 0-10℃일 경우 24h, 0℃ 미만인 경우는 12h, 10℃ 보다 높을 경우는 0h를 주었다.

다. 결과 및 고찰

10월말부터 평균 지온이 10℃ 미만으로 떨어지기 시작하여 chill unit이 축적되기 시작하였다(Fig. 3-2-2). 이후 11월 중순경에는 5℃ 미만으로 지온이 낮아져서 chill unit 급속히 축적되었다.

자연상태에서 맹아, 성장, 개화 및 휴면유기 패턴을 조사하였다(Fig. 3-2-3). 자연상태에서는 3월경부터 맹아가 서서히 시작되어 4월 5일에는 많은 개체들이 개화하였다. 이후 과실이 성숙하기 시작하면서 동시에 잎이 출현하였고 5월부터 6월 중순까지는 잎의 생장이 많이 일어났다. 7월경에는 대부분의 잎이 성장을 마무리하였고 8월 말에서 9월에 접어들면서 서서히 휴면에 들어가기 시작하였다. 그러나 잎은 그대로 지상부에 존재하여 겨울동안 남아있었다. 이는 처녀치마의 잎이 반상록성임을 나타내며, 내한성이 매우 높다는 것을 의미한다.

화아분화를 조사하였다(Fig. 3-2-3). 4월 28일에는 정단분열조직이 둥근형태를 띄었는데, 5월 30일에는 각 기관으로 분화할 원기들이 형성되었다. 이 원기들은 6월 27일이 되면서 더욱 뚜렷하게 발달하였고 이후 7월말로 가면서 꽃잎, 암술 및 수술이 완전하게 발달하였다. 이후 8월말로 가면서 각 기관들이 길어지기 시작하였고, 10월경에는 각 기관의 색깔이 변화하기 시작하였고 11월에는 특히 수술의 색깔이 보라색으로 변화되었다. 따라서 처녀치마의 화아분화는 5월달에 유도되고 6월에 분화가 완료되며, 7-8월에 발달이 완료되는 것으로 판단되었다.

자연상태에서 관리하던 화분을 시기별로 온실에 입실하였다. 9월과 10월에 입실한 경우, 맹아율이 50% 미만이었다(Fig. 3-2-4). 그러나 11월 29일에 입실한 경우, 60% 이상 높아졌고, 12월 27일 이후에는 100% 맹아하였다. 맹아소요일수는 입실시기가 뒤로 갈수록 짧아졌는데, 특히 12월부터 입실한 경우에는 거의 20일 정도면 대부분이 맹아되었다. 입실시기에 따른 잎의

생장을 비교하였다(Fig. 3-2-5). 엽폭에는 큰 차이가 없었지만, 엽장의 경우 입실시기가 늦어질수록 더 길어지는 경향이었고, 11월 29일 이후에는 비슷하였다.

자연상태에서 11월 29일, 12월 27일, 및 1월 31일에 각각 600, 1176, 및 1632 chill unit이 축적되었는데, 따라서 처녀치마의 내재휴면을 타파시키기 위한 저온요구도는 1176 chill unit 으로 판단되었다.

인공저온 처리를 통한 휴면타파 실험결과, 10월 18일에 입실한 경우, 5℃에 4, 8, 및 12주간 처리한 경우, 모두 90% 이상 맹아되었으나, 맹아소요일수는 저온처리기간이 길어질수록 짧아져서 8주 처리는 약 30일, 12주 처리한 경우는 약 20일정도 소요되었다(Fig. 3-2-7, 9). 잎의 생장은 8주 이상 처리한 경우 가장 길었다. 따라서 10월에는 5℃에 8주 이상 처리해야 될 것으로 판단되었다.

11월 15일에 5℃에 각 기간별로 저온처리를 하였다(Fig. 3-2-8, 9). 11월에는 저온처리를 하지 않은 경우에도 90% 이상 맹아하였다. 그러나 맹아소요일수는 상당한 차이를 보였는데, 0주 처리구는 약 60일, 2주 처리구는 약 35일, 4주는 28일 정도로 나타났다. 그러나 8주 이상 처리한 경우, 맹아 소요일수가 약 15일 정도로 낮아졌다. 잎의 생장은 4주까지 저온처리 기간이 길어질수록 촉진되었고, 4-12주 처리구간에는 차이가 없었다. 따라서 11월에는 5℃ 저온에 4주 이상 처리해야 할 것으로 판단되었다.

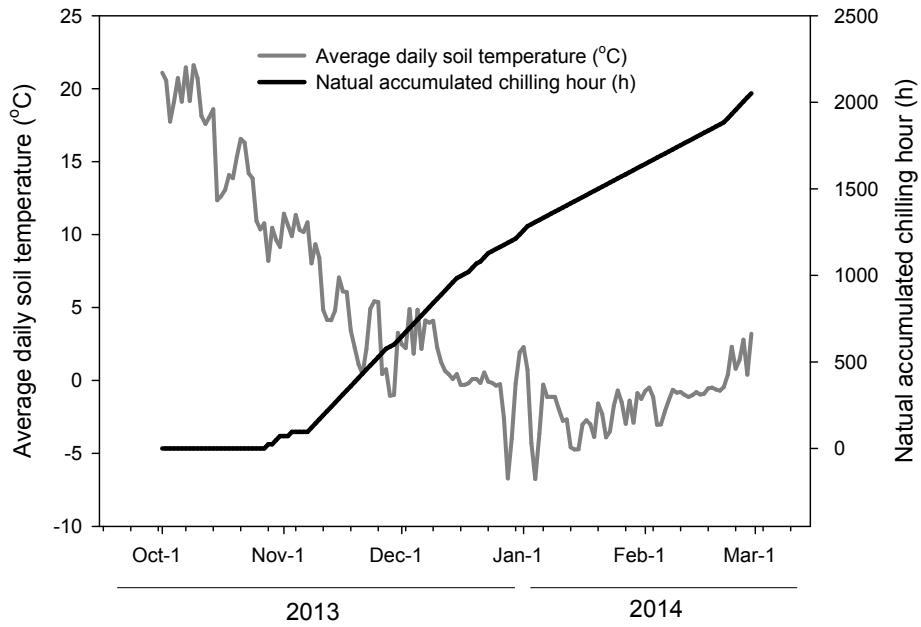


Fig 3-2-2. Changes in daily soil temperature and cumulative chill unit measured at 5 cm depth from October, 2012 to February, 2013.



Fig 3-2-3. Phenology of growth, flowering, and flower bud differentiation in *Heloniopsis koreana*.

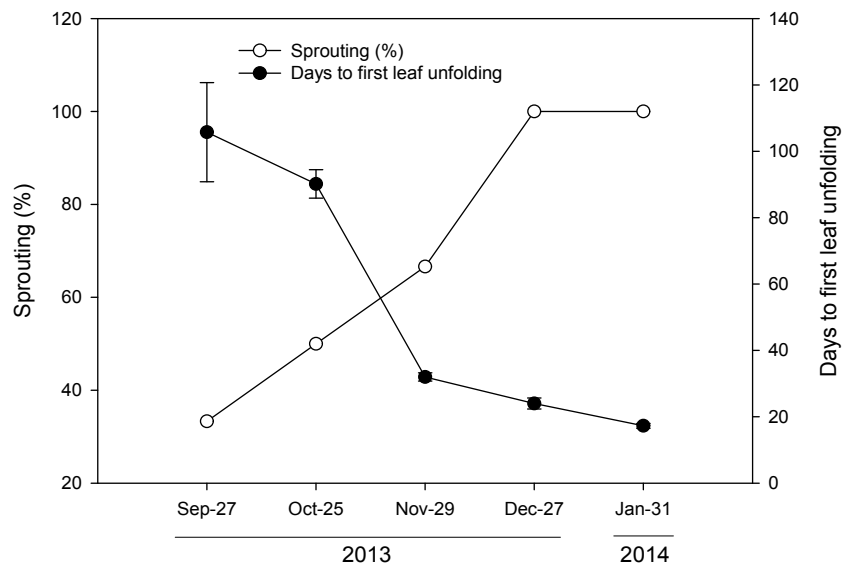


Fig 3-2-4. Sprouting and days to first leaf unfolding in *Heloniopsis koreana* as affected by transferring date from an open field to greenhouse.

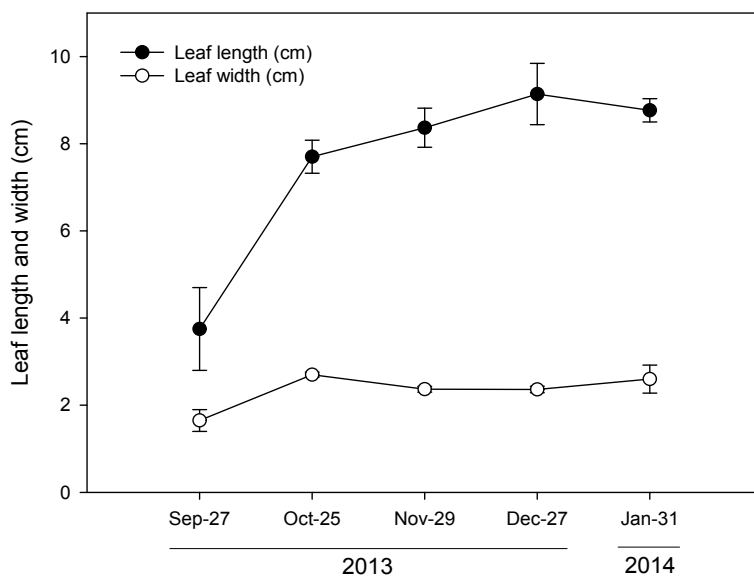


Fig 3-2-5. Leaf length and width in *Heloniopsis koreana* as affected by transferring date from an open field to greenhouse. Leaf growth was measured on 20 February in plants transferred from September to December, and the leaf growth of plants transferred on January was measured on 14 March.

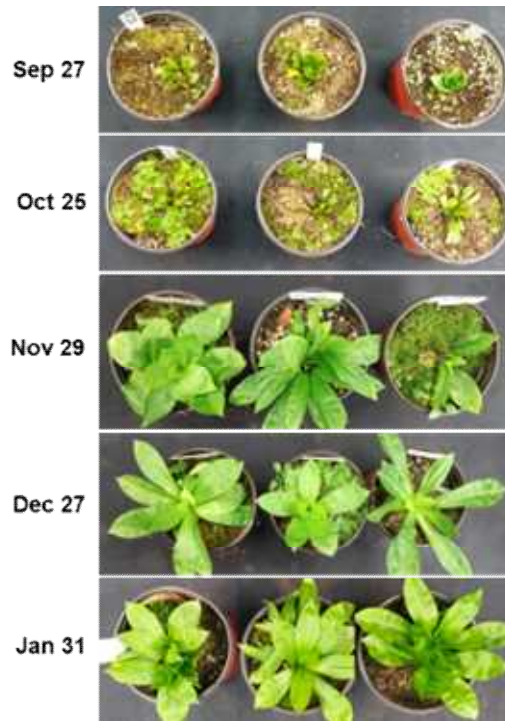


Fig 3-2-6. Sprouting and leaf growth of *Heloniopsis koreana* as affected by transferring date.

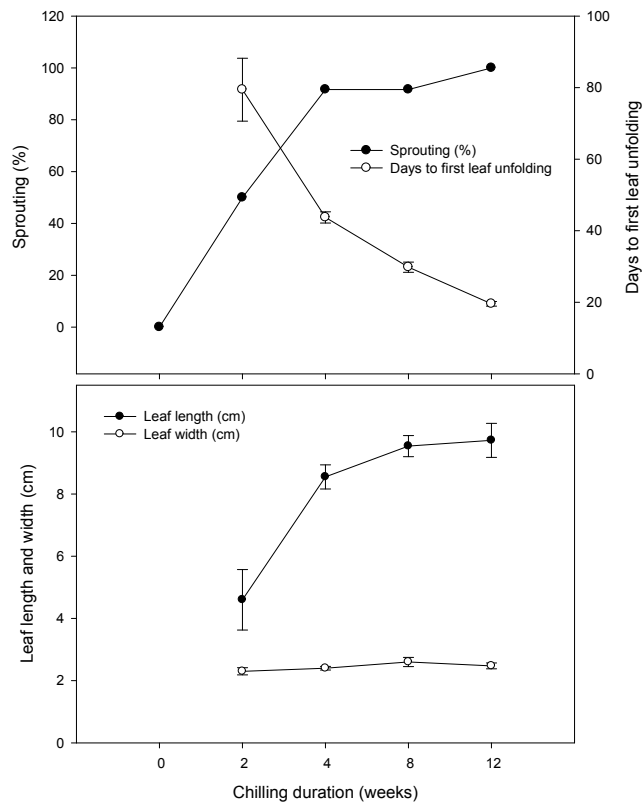


Fig 3-2-7. Effect of cold storage duration on percent sprouting, days to sprouting, and leaf growth of *Heloniopsis koreana*. The dormant bulbs were subjected to 5°C for 0, 2, 4, 8, and 12 weeks from 18 October, 2013.

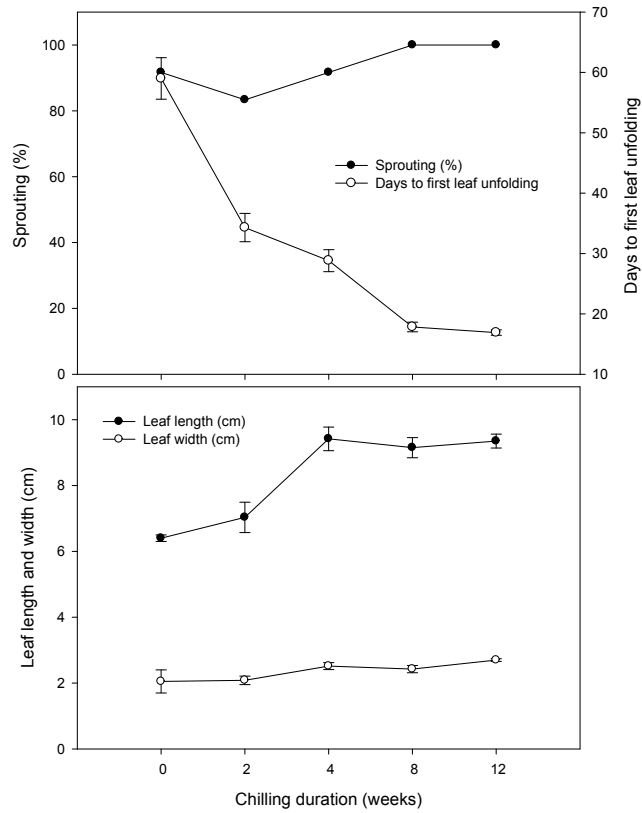


Fig 3-2-8. Effect of cold storage duration on percent sprouting, days to sprouting, and leaf growth of *Heloniopsis koreana*. The dormant bulbs were subjected to 5°C for 0, 2, 4, 8, and 12 weeks from 15 November, 2013.

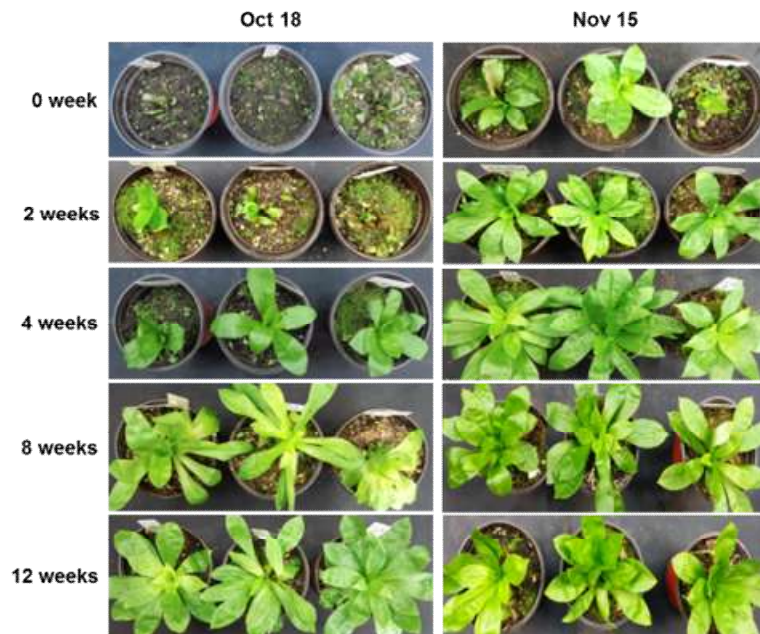


Fig 3-2-9. Effect of cold storage duration on sprouting and leaf growth of *Heloniopsis koreana*. Dormant plants of *H. koreana* were subjected to 5°C for 0, 2, 4, 8, and 12 weeks in October 18 and November 15 in 2013.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 목표달성도

구분 (연도)	연구개발의 목표	달성도 (%)	연구개발의 내용
1차년도 (2011)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 종자의 수집 및 평가 ○ 종자 휴면타파 기술 개발 	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 종자 및 식물체의 수집 및 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 복수초, 매발톱꽃, 금꿩의다리, 자주꿩의다리, 얼레지, 처녀치마, 동강할미꽃, 한계령풀, 연잎꿩의다리, 바위미나리아재비, 헬레보루스 (총 11종) - 추가 연구종 : 숙은처녀치마, 왜미나리아재비 (총 2종) ○ 종자의 휴면타파 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 자연상태에서의 휴면타파 양상 조사 - 휴면타파 요구 온도 구명 - 휴면타파 및 발아촉진법 구명
2차년도 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구범위 확대 및 보완 ○ 개화조절을 통한 주년재배기술 개발 	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구범위 확대 및 보완 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 연구를 바탕으로 형태적휴면과 형태생리적 종자휴면의 차이를 비교 분석 - 식물호르몬에 의한 휴면타파 원리 구명 ○ 개화조절을 통한 주년재배기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 얼레지, 처녀치마 2종의 휴면타파 - 화아분화시기 구명 - 휴면타파시기 구명 - 자연, 인공저온처리를 통한 휴면타파와 저온 요구도 구명
3차년도 (2013)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실험결과 보완 ○ 현장실증 ○ 연구결과의 데이터베이스화 	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실험결과 보완 ○ 현장실증 <ul style="list-style-type: none"> - 처녀치마, 얼레지의 개화주를 현장에서 시범 판매 ○ 데이터베이스화: 매뉴얼 등

제 2 절 관련분야의 기술발전 기여도

1. 활용방안

가. 기술이전((재)한택식물원)

- (1) 멸종위기식물 연잎평의다리 종자의 휴면타파와 발아촉진 기술
- (2) 자생 금평의다리 종자의 휴면타파와 발아촉진 기술
- (3) 한국 특산식물 자주평의다리 종자의 휴면타파와 발아촉진 기술

나. 사업화(상품화)

- (1) 자생 얼레지 개화주의 조기생산 및 판매
- (2) 자생 처녀치마 개화주의 조기생산 및 판매

다. 교육지도

- (1) 자생식물의 종자번식과 개화조절

라. 정책활용

- (1) 자생식물의 종자연구에서 phenology의 중요성
- (2) 자생식물의 종자연구에서 휴면유형 분류의 중요성
- (3) 자생식물 종자연구의 데이터베이스화의 필요성

2. 기대성과

가. 기술적 측면

- (1) 자생 희귀, 특산 및 멸종위기 식물의 휴면타파 기술을 통한 종자번식 체계화
- (2) 난발아성 종자의 휴면을 분류, 체계화
- (3) 개발된 다양한 휴면 타파법으로 다른 다년생 화훼류에 응용
- (4) 형태생리적 종자휴면의 메카니즘 구명을 위한 기초자료

나. 경제적·산업적 측면

- (1) 얼레지와 처녀치마의 개화시기 조절을 통해 판매시기 다양화
- (2) 자생 희귀, 특산 및 멸종위기 식물의 휴면타파 기술을 통하여 발아촉진
- (3) 난발아성 종자의 휴면타파법을 통하여 재배기간 단축
- (4) 경제적 잠재성을 가진 다양한 야생식물의 번식에 활용

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 1 절 실용화·산업화 계획(기술실시 등)

1. 기술이전(3건)

가. 기술이전명:

- (1) 자생 금평의다리 종자의 휴면타파와 발아촉진기술
- (2) 한국 특산식물 자주평의 다리 종자의 휴면타파와 발아촉진기술
- (3) 멸종위기식물 연잎평의 다리 종자의 휴면타파와 발아촉진기술

나. 증빙자료

기술이전(라이센싱) 계약서

서울대학교 산학협력단 (이하 '甲'이라 한다)과 재단법인 한택식물원 (이하 '乙'이라 한다)은 농림축산식품부의 생명산업기술개발사업(과제명: 자생관상용 훈계단명식물의 대량생산 및 상업화를 위한 제배기술 개발)에 따른 연구과제 수행을 통하여 '甲'이 보유하고 있는 하기 기술을 기술도입 희망자 '乙'에게 제공하고 실시권을 허여함에 있어 다음과 같이 합의하고 계약을 체결한다.

제1조(용어의 정의)
본 계약의 적용을 위한 용어는 다른 특별한 언급이 없는 한 다음 각 호의 의미로 사용된다.

1. 본 계약에서 '계약기술'이라 함은 하기에 명시한, '甲'이 보유하고 있는 기술 및 관련 Know-How를 말한다.
 - 1) 자생 금평의 다리 종자의 휴면타파와 발아촉진기술
 - 2) 한국 특산식물 자주평의 다리 종자의 휴면타파와 발아촉진기술
 - 3) 멸종위기식물 연잎평의 다리 종자의 휴면타파와 발아촉진기술
2. 본 계약에서 '실시'라 함은 대한민국 특허법 제2조 제3호 각 목의 1에 해당하는 것을 말한다.
3. 본 계약에서 '계약제품'이라 함은 '계약기술'을 적용하여 제조된 종자, 식물을 포함한 제품과 생산 장치를 말하고, 중간체 또는 원료를 생산 판매하는 경우 그 중간체 또는 원료를 포함한다.
4. 본 계약에서 '개량기술'이라 함은 '계약기술'을 개량, 대체, 확장 또는 추가한 기술을 의미한다.
5. 본 계약에서 '선행기술'이라 함은 '계약기술'을 개발하기 위해서 '甲'이 이전에 개발한 기술을 의미한다.
6. 본 계약에서 '과생기술'이라 함은 '계약기술'에서 갈려 나왔고 '甲'이 개발한 기술을 의미한다.
7. 본 계약에서 '관련기술'이라 함은 '계약기술'과 관련되었지만 계약에 포함되지 않는 '甲'이 개발한 기술을 의미한다.
8. 본 계약에서 '상업화'라 함은 '계약제품'을 판매하여 매출을 올린 것을 의미한다.
9. 본 계약에서 '매출액'이라 함은 본 계약 '계약제품'의 국내외 총 매출액을 말한다.
10. 본 계약에서 '생산개시일'이라 함은 '계약제품'을 최초로 생산한 날을 말한다.

[별지 제2-1호 서식]

발명(노하우)신고서(권리승계합의서)

1. 발명신고서 / 권리승계합의서

발명의 명칭 (개작기술명)	(국문) 자경 근형의다리 종자의 휴면타파와 발아촉진 기술 (영문) The technique for dormancy breaking and germination promotion in seeds of <i>Thalictrum rochenbrunianum</i> native to Korea		
발명(노하우)의 내용 요약	금형의다리는 남한 특산 자생식물로서 원예, 조경용으로 개발할 가치가 높은 식물 유전자원이다. 이 식물의 번식을 위해 종자휴면의 타파, 발아촉진기술이 필수적이다. 금형의다리 종자는 휴면성이 깊어서 채종 시 곧바로 발아하지 못하는데, 저온처리(5°C, 4주) 또는 지베렐린 1,000ppm 침지처리를 한 후 25°C에 배양하여 80% 이상의 발아율을 확보할 수 있었다.		
번호	발명자 성명	소속학과 및 직위	연락처
발명자 (양도인)	1 (한국) 김 기선 (인 또는 서명) (영문) Kim Ki Sun	(학과) 식물생산과학부 (직위) 교수 E-mail:kisun@snu.ac.kr	(Tel) 010-6379-4591 지분율(%) 20
	주인번호 550919-1009413	주소 경기 성남시 판교동로 82번길 60 경남아너스빌 1408동 1202호	
	2 (한국) 이승연 (인 또는 서명) (영문) Lee Seung Youn	(학과) 식물생산과학부 (직위) 박사과정 E-mail:mrbig99@hanmail.net	(Tel) 010-4160-4768 지분율(%) 80
	주인번호 801101-1250020	주소 경기 성남시 분당구 구미동 무지개로 144 청구아파트 512동 205호	
	3 (한국) (인 또는 서명) (영문)	(학과) (직위)	(Tel) (E-mail)
주인번호	주소		
4 (한국) (인 또는 서명) (영문)	(학과) (직위)	(Tel) (E-mail)	지분율(%)
주인번호	주소		
5 (한국) (인 또는 서명) (영문)	(학과) (직위)	(Tel) (E-mail)	지분율(%)
주인번호	주소		
발명자 (타기관)	1 (한국) (인 또는 서명) (영문)	타기관명 (E-mail)	(Tel) 지분율(%)
	주인번호	주소	
	2 (한국) (인 또는 서명) (영문)	타기관명 (E-mail)	(Tel) 지분율(%)
	주인번호	주소	
	연구과제유무	없음 <input type="checkbox"/> 정부과제 <input checked="" type="checkbox"/> 민간(기업)과제 <input type="checkbox"/>	

1

2014. 9. 2 19:41

[별지 제2-1호 서식]

발명(노하우)신고서(권리승계합의서)

1. 발명신고서 / 권리승계합의서

발명의 명칭 (개작기술명)	(국문) 한국 특산식물 자주행의다리 종자의 휴면타파와 발아촉진 기술 (영문) The technique for dormancy breaking and germination promotion in seeds of <i>Thalictrum uchijamai</i> endemic to Korea		
발명(노하우)의 내용 요약	자주행의다리는 남한 특산 자생식물로서 원예, 조경용으로 개발할 가치가 높은 식물 유전자원이다. 이 식물의 번식을 위해 종자휴면의 타파, 발아촉진기술이 필수적이다. 자주행의다리 종자는 휴면성이 깊어서 채종 시 곧바로 발아하지 못하는데, 저온처리(5°C, 8주) 또는 지베렐린 1,000ppm 침지처리를 한 후 25°C에 배양하여 80% 이상의 발아율을 확보할 수 있었다.		
번호	발명자 성명	소속학과 및 직위	연락처
발명자 (양도인)	1 (한국) 김 기선 (인 또는 서명) (영문) Kim Ki Sun	(학과) 식물생산과학부 (직위) 교수 E-mail:kisun@snu.ac.kr	(Tel) 010-6379-4591 지분율(%) 20
	주인번호 550919-1009413	주소 경기 성남시 판교동로 82번길 60 경남아너스빌 1408동 1202호	
	2 (한국) 이승연 (인 또는 서명) (영문) Lee Seung Youn	(학과) 식물생산과학부 (직위) 박사과정 E-mail:mrbig99@hanmail.net	(Tel) 010-4160-4768 지분율(%) 80
	주인번호 801101-1250020	주소 경기 성남시 분당구 구미동 무지개로 144 청구아파트 512동 205호	
	3 (한국) (인 또는 서명) (영문)	(학과) (직위)	(Tel) (E-mail)
주인번호	주소		
4 (한국) (인 또는 서명) (영문)	(학과) (직위)	(Tel) (E-mail)	지분율(%)
주인번호	주소		
5 (한국) (인 또는 서명) (영문)	(학과) (직위)	(Tel) (E-mail)	지분율(%)
주인번호	주소		
발명자 (타기관)	1 (한국) (인 또는 서명) (영문)	타기관명 (E-mail)	(Tel) 지분율(%)
	주인번호	주소	
	2 (한국) (인 또는 서명) (영문)	타기관명 (E-mail)	(Tel) 지분율(%)
	주인번호	주소	
	연구과제유무	없음 <input type="checkbox"/> 정부과제 <input checked="" type="checkbox"/> 민간(기업)과제 <input type="checkbox"/>	

1

2014. 9. 2 19:41

[별지 제2-1호 서식]

발명(노하우)신고서(권리승계합의서)

1. 발명신고서 / 권리승계합의서

발명의 명칭 (개작기술명)	(국문) 멸종위기식물 연일행의다리의 종자의 휴면타파와 발아촉진 기술 (영문) The technique for dormancy breaking and germination promotion in seeds of <i>Thalictrum coreanum</i> , an endangered species in Korea		
발명(노하우)의 내용 요약	연일행의다리는 남한의 멸종위기종으로 지정된 자생식물로서 원예, 조경용으로 개발할 가치가 높은 식물 유전자원이다. 이 식물의 번식을 위해 종자휴면의 타파, 발아촉진기술이 필수적이다. 연일행의다리 종자는 휴면성이 깊어서 채종 시 곧바로 발아하지 못하는데, 저온처리(5°C, 6주) 또는 지베렐린 1,000ppm 침지처리를 한 후 25°C에 배양하여 70% 이상의 발아율을 확보할 수 있었다.		
번호	발명자 성명	소속학과 및 직위	연락처
발명자 (양도인)	1 (한국) 김 기선 (인 또는 서명) (영문) Kim Ki Sun	(학과) 식물생산과학부 (직위) 교수 E-mail:kisun@snu.ac.kr	(Tel) 010-6379-4591 지분율(%) 20
	주인번호 550919-1009413	주소 경기 성남시 판교동로 82번길 60 경남아너스빌 1408동 1202호	
	2 (한국) 이승연 (인 또는 서명) (영문) Lee Seung Youn	(학과) 식물생산과학부 (직위) 박사과정 E-mail:mrbig99@hanmail.net	(Tel) 010-4160-4768 지분율(%) 80
	주인번호 801101-1250020	주소 경기 성남시 분당구 구미동 무지개로 144 청구아파트 512동 205호	
	3 (한국) (인 또는 서명) (영문)	(학과) (직위)	(Tel) (E-mail)
주인번호	주소		
4 (한국) (인 또는 서명) (영문)	(학과) (직위)	(Tel) (E-mail)	지분율(%)
주인번호	주소		
5 (한국) (인 또는 서명) (영문)	(학과) (직위)	(Tel) (E-mail)	지분율(%)
주인번호	주소		
발명자 (타기관)	1 (한국) (인 또는 서명) (영문)	타기관명 (E-mail)	(Tel) 지분율(%)
	주인번호	주소	
	2 (한국) (인 또는 서명) (영문)	타기관명 (E-mail)	(Tel) 지분율(%)
	주인번호	주소	
	연구과제유무	없음 <input type="checkbox"/> 정부과제 <input checked="" type="checkbox"/> 민간(기업)과제 <input type="checkbox"/>	

1

2014. 9. 2 19:41

2. 사업화(상품화 2건)

가. 사업화명:

- (1) 자생 얼레지 개화주 생산
- (2) 자생 처녀치마 개화주 생산

나. 사업화 예정 내용: 최근 정원 및 분화용으로 자생 얼레지와 처녀치마의 수요가 증가하고 있다. 이에 대비하여 기존의 개화시기(4월)보다 이른 시기에 개화주를 생산하여 식물원 현장에서 판매하고자 한다. 증빙자료

[첨부 2]

농림축산식품연구개발과제 사업화실적 확인서

과제명	자생 관상용 춘계단명식물의 대량생산 및 상업화를 위한 재비기술 개발			
주관연구기관	서울대학교	참여기관	(재)한택식물원	
책임자	김기선	연구기간	2011년 12월 ~ 2014년 12월(총 3년)	
정부출연금	225,000,000	기업부담금	56,250,000	총계 281,250,000
기술이전명	자생 얼레지 개화주 생산	기술실시대상기관	(재)한택식물원	
기술료	0	기술실시일	2014.3.24	
구 분	기술실시 업체 결산액 (단위: 백만원) * 최근연도 결산보고서에 의해 작성		해당기술을 통한 사업화 실적	
실 적	자산 총계	2,800,000,000	재품건수	1
	자본 총계	980,000,000		
	부채 총계	-	기술개발성과활용 매출액	250,000원
	매출액 총계	1,706,000,000		

제품별 실적

구 분	제품명	제품사진	제품 출시일	매출액 (백만원)	해당기술의 매출액 기여율 (%)
1	자생 얼레지 개화주		2014.3. 24	0.25	0.015 (금년도는 소량 시범판매를 하였기에 매출액은 상대적으로 작게 나타났음)

* 첨부 : 결산보고서 1부 (보고서가 없는 경우, 재무상태표와 포괄손익계산서 첨부)

2014년 11월 25일
연구책임자 : 김 기 선 (서명 또는 인)

농림축산식품연구개발과제 사업화실적 확인서

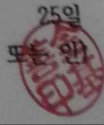
과제명	자생 관상용 춘계단명식물의 대량생산 및 상업화를 위한 재비기술 개발				
주관연구기관	서울대학교		참여기관	(재)한택식물원	
책임자	김기선		연구기간	2011년 12월 ~ 2014년 12월(총 3년)	
정부출연금	225,000,000	기업부담금	56,250,000	총계	281,250,000
기술이전명	자생 처녀치마 개화주 생산		기술실시대상기관	(재)한택식물원	
기술료	0		기술실시일	2014.3.24	
구 분	기술실시 업체 결산액 (단위 백만원) * 최근연도 결산보고서에 의해 작성		해당기술을 통한 사업화 실적		
실 적	자산 총계	2,800,000,000	제품건수	1	
	자본 총계	980,000,000			
	부채 총계	-	기술개발성과활용 매출액	250,000원	
	매출액 총계	1,706,000,000			

제품별 실적

구 분	제품명	제품사진	제품 출시일	매출액 (백만원)	해당기술의 매출액 기여율 (%)
1	자생 처녀치마 개화주		2014.3. 24	0.25	0.015 (금년도는 소량 시범판매를 하였기에 매출액은 상대적으로 작게 나타났음)

* 첨부 : 결산보고서 1부 (보고서가 없는 경우, 재무상대표와 포괄손익계산서 첨부)

2014년 11월 25일
연구책임자 : 김 기 선 (서명 또는 인)



제 2 절 교육·지도·홍보 등 기술확산 계획 등

1. 교육지도(3건)

- 가. 자생식물 종자의 휴면과 발아촉진 기술 : 발표자 이승연/서울시농업기술센터(2013년 8월 26일)
- 나. 춘계 단명 식물의 종자 휴면 타파 방법 : 발표자 이승연/남사화훼단지(2013년 10월 16일)
- 다. 자생식물 종자의 발아촉진 기술과 작약의 개화조절 기술 : 발표자 이승연/서울시농업기술센터(2014년 7월 4일)

2. 정책활용(3건)

- 가. 자생식물의 종자 연구에서 phenology(생물계절학)의 중요성 강조
- 나. 정책제안 자생식물의 종자연구에서 휴면분류의 중요성
- 다. 정책제안 자생식물 종자연구의 데이터베이스화의 필요성

3. 언론홍보(1건)

- 가. 원예산업신문 ‘자생 처녀치마의 삼목번식 기술’(2014년 12월 1일)

4. 기타홍보실적-수상(2건)

- 가. 한국원예학회 2013추계학술발표회에서 “우수 구두발표상“ - 석사과정 김신영(2013년 10월)
- 나. 한국원예학회 2014춘계학술발표회에서 “우수 구두발표상“ - 박사과정 이승연(2014년 10월)

5. 기타활용-매뉴얼 제작(1건)

- 가. 한반도 자생 춘계단명식물의 종자번식 기술(2015년 1월)

6. 타 연구개발사업에의 활용(1건)

- 가. 한국 자생 깻쟁이풀, 매미꽃 및 피나물의 종자번식과 개화기 조절기술 개발 (삼성 에버랜드, 2014년 5월 - 2016년 4월, 과제번호: 0525-20140073)

7. 연구인력 양성 (5명)

- 가. 박사 1명 - 이승연(2015년 2월 학위수여)
- 나. 석사 1명 - 김신영(2014년 2월 학위수여)
- 다. 학사 3명 - 강민지, 강병수, 박나영

제 3 절 특허, 품종, 논문 등 지식재산권 확보 계획

1. 논문투고 및 게재

가. SCI급 논문(4편)

- (1) 이승연, 이용하, 정현환, 김기선. 2014. 자생 관상용 *Heloniopsis*와 *Thalictrum*속 종자의 형태적 및 형태생리적 휴면. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 32: 310-317.
- (2) Seung Youn Lee, Yong Ha Rhie, Ki Sun Kim. 2014. Underdeveloped Embryos and Dormancy Type in Seeds of Two *Heloniopsis* Species Endemic to Korea. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 32: 550-557.
- (3) Shin Young Kim, Seung Youn Lee, Yong Ha Rhie, Ki Sun Kim. 2014. Breaking Bud Dormancy in *Erythronium japonicum* Decne. (Liliaceae) by Natural and Artificial Chilling. Hort. Environ. Biotechnol. 55: 380-386.
- (4) Seung Youn Lee, Yong Ha Rhie, and Ki Sun Kim. 2015. Non-deep Simple Morphophysiological Dormancy in Seeds of *Thalictrum rochenbrunianum*, an Endemic Perennial Herb in the Korean Peninsula. Hort. Environ. Biotechnol. (accepted).

나. 비SCI급 논문(1편)

- (1) 이승연, 이용하, 김윤진, 김기선. 2012. 몇 가지 춘계단명 자생식물 종자의 형태적, 형태생리적 휴면. Flower Res. J. 20: 193-199.

2. 학회 학술발표

가. 포스터 발표(6건)

- (1) 이승연. 2012. Underdeveloped Embryos and Germination in Seeds of *Thalictrum rochebrunianum* var. *grandisepalum* (H.Lev.) Nakai Native to Korea. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 30 (Suppl. I): 151.
- (2) 이승연. 2012. Morphophysiological Dormancy in Seeds of *Thalictrum rochebrunianum* var. *grandisepalum* (H.Lev.) Nakai Native to Korea. 2012 ASHS Annual Conference – Poster Session Abstracts: 247.
- (3) 이승연. 2013. Non-deep Simple Morphophysiological Seed Dormancy in the Korean Endemic Species *Thalictrum uchiyamai* (Ranunculaceae). Kor. J. Hort. Sci. Technol. 31 (Suppl. I): 144.
- (4) 김신영. 2013. Chilling Requirement for Breaking Dormancy in *Erythronium japonicum* Decne. (Liliaceae) by Natural Cumulative Chilling. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 31 (Suppl. I): 144.
- (5) 이승연. 2014. Morphological and Morphophysiological Dormancy of Seeds in 13 Herbaceous Species of Three Plant Families (Berberidaceae, Ranunculaceae, and Liliaceae). 2014 International Horticultural Congress – Poster Session Abstracts: 1415.

- (6) 김기선. 2014. Temperature Requirements for Seed Dormancy Break of *Leontice microrrhyncha*. 2014 International Horticultural Congress—Poster Session Abstracts: 1405.

나. 구두 발표(3건)

- (1) 김신영. 2013. Chilling Requirement for Breaking Dormancy in *Erythronium japonicum* Decne. (Liliaceae) by Natural and Artificial Chilling. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 31 (Suppl. II): 43.
- (2) 이승연. 2013. Deep Simple Morphophysiological Dormancy in Seeds of *Adonis amurensis* Regel & Radde Native to Korea. 2013 ASHS Annual Conference—Oral Session(floriculture).
- (3) 이승연. 2014. Underdeveloped Embryos and Dormancy Type in Seeds of Three *Thalictrum* Species Native to Korea. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 32 (Suppl. I): 50.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 최근 유전자원의 국제적 이슈와 맞물려서 야생식물의 종자확보 및 종자휴면에 관한 연구가 매우 활발하게 진행되고 있다. 특히 'Millenium Seed Bank'를 운영하고 있는 영국 Kew Garden에서는 다양한 종자의 휴면유형을 구명하는 연구들이 진행되고 있다. 특히 'Seed Information Database - SID(<http://data.kew.org/sid/>)'를 2008년에 구축하여 운영하고 있는데, 이 사이트에는 다양한 종자의 기본특성과 번식에 관한 정보들이 기록되어 있다.
2. 야생식물의 종자휴면과 관련하여 세계 최고의 연구 그룹인 미국 University of Kentucky의 Carol Baskin, Jerry Baskin 그룹은 최근 중국의 Chinese Academy of Science, Xinjiang University의 식물생태학자들과 함께 공동연구를 진행하고 있다. 이 연구들에서는 특히, 중국 건조지역에 자생하는 야생식물들의 종자휴면과 생존전략에 관한 연구를 수행하고 있다. 뿐만 아니라, 최근에는 종자휴면의 데이터베이스를 활용하여 전 세계적인 종자휴면의 분포와 진화에 관한 연구들을 수행하고 있다.

제 7 장 참고문헌

- Baskin, J.M. and C.C. Baskin. 2003. Classification, biogeography, and phylogenetic relationships of seed dormancy, p.517-544. In: R.D. Smith et al. (eds.). Seed conservation: Turning science into practice. Royal Bot. Gardens, Kew, U.K.
- Baskin, J.M. and C.C. Baskin. 2004. A classification system for seed dormancy. Seed Sci. Res. 14: 1-16.
- Campoy, J.A., D. Ruiza, N. Cook, L. Alderman, and J. Egea. High temperatures and time to budbreak in low chill apricot 'Palsteyn'. Towards a better understanding of chill and heat requirements fulfilment. Scientia Hort. 129: 649-655.
- Heather, A.E., H.E. Perez, and S.B. Wilson. 2010. Non-deep physiological dormancy in seeds of two *Polygonella* species with horticultural potential. HortScience 45:1854-1858.
- Kondo, T., C. Sato, J.M. Baskin, and C.C. Baskin. 2006. Post-dispersal embryo development, germination phenology, and seed dormancy in *Cardiocrinum cordatum* var. *glehnii* (Liliaceae s. str.), a perennial herb of the broadleaved deciduous forest in Japan. Am. J. Bot. 93: 849-859.
- Kondo, T., M. Mikubo, K. Yamada, J.L. Walck, and S.N. Hidayati. 2011. Seed dormancy in *Trillium camschatcense* (Melanthiaceae) and the possible roles of light and temperature requirements for seed germination in forests. Amer. J. Bot. 98: 215-226.
- Kondo, T., N. Okubo, T. Miura, C.C. Baskin, and J.M. Baskin. 2005. Baskin Ecophysiology of seed dormancy and germination in the mesic woodland herbaceous perennial *Corydalis ambigua* (Fumariaceae) in Japan. Botany 83: 571-578.
- Rhie, Y.H., S.Y. Lee, and K.S. Kim. 2014. Seed dormancy and germination in *Jeffersonia dubia* (Berberidaceae) as affected by temperature and gibberellic acid. Plant Biology doi:10.1111/plb.12235.
- Royal Botanic Gardens, Kew. 2014. Seed Information Database - SID <<http://data.kew.org/sid/>>.
- Samarakoona, U.C., K.A. Funnella, D.J. Woolley, and E.R. Morgan. 2012. Temperature impacts changes in crown buds and flowering of gentian 'Spotlight'. Scientia Hort. 143: 49-55.
- Samarakoona, U.C., K.A. Funnella, D.J. Woolley, and E.R. Morgan. 2015. Influence of photoperiod regime and exogenous plant growth regulators on crown bud formation in gentian. Scientia Hort. 182: 56-64.
- USDA Forest Service. 2014. Native Plants Journal <<http://npj.uwpress.org/content/4/1/17.short>>
- 송정섭. 2007. 관상용 자원식물의 연구성과와 산업화 전략. 한국자원식물학회. 5: 33-41.
- 이정식, 윤평섭. 2002. 최신 자생식물학. 도서출판 대선.

제1협동연구기관
최종보고서

몇 가지 관상용 춘계단명식물의 급속 대량증식 기술 개발

재단법인 한택식물원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “자생 관상용 춘계단명식물의 대량생산 및 상업화를 위한 재배기술 개발” 과제(제1협동과제 “몇 가지 관상용 춘계단명식물의 급속 대량증식 기술 개발”)의 보고서로 제출합니다.

2015년 1월 일

주관연구기관명 : 서울대학교

주관연구책임자 : 김 기 선

협동연구기관명 : 재단법인 한택식물원

협동연구책임자 : 이 택 주

연 구 원 : 이 완 희

연 구 원 : 강 근 령

연 구 원 : 이 명 희

연 구 원 : 오 효 순

요 약 문

I. 제 목: 몇 가지 관상용 춘계단명식물의 급속 대량증식 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

가. 몇 가지 관상용 춘계단명식물의 영양번식 기술 개발

나. 몇 가지 관상용 춘계단명식물의 공정묘 생산기술 개발

2. 연구개발의 필요성

가. 영양번식 기술 개발

(1) 처녀치마의 번식은 종자번식과 포기나누기에 의한 방법이 주로 이용되어져 왔으나 종자번식은 개화주까지 자라는데 시간이 많이 소요되고 포기나누기는 번식효율이 낮음.

(2) 개느삼은 번식기술에 대한 연구가 많이 이루어지지 않아 대량번식기술 개발이 필요함.

나. 공정묘 생산기술 개발

(1) 춘계단명식물들은 정원 및 조경용 소재로서 유망한 식물소재이나 번식 및 육묘에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있음.

(2) 정원 및 조경용 소재로 이용이 활성화되기 위해서는 체계적이고 지속적으로 식물소재 생산이 필요함.

(3) 정원 및 조경용 고품질의 묘 생산을 위한 공정묘 생산기술 개발이 필요함.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

구분 (연도)	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도 (2012)	○ 급속대량생산기술 개발	1. 실험재료 : 처녀치마, 개느삼 2. 실험내용 1) 삼목배지 : 피트모스, 펄라이트, 버미큘라이트 단용, 혼용 2) 삼목부위 : 잎, 줄기, 뿌리 3) 성장조절제 처리 : NAA, IBA, 등 → 호르몬의 종류, 농도 실험 4) 삼수의 조제 방법에 따른 처리 : 전체, 1/2, 가로, 세로
2차년도 (2013)	○ 공정묘 생산기술 개발	1. 실험재료 : 휴면타과 종자 및 영양번식체 1년차의 휴면타과 종자, 영양번식체 2. 실험내용 1) 육묘시 광도별 실험 : 35, 55, 75% 차광 2) 육묘용 배지 종류별 실험 : 피트모스, 펄라이트, 버미큘라이트 단용, 혼용 3) 육묘시 적정 시비방법 구명 : 시비량 등
3차년도 (2014)	○ 공정묘 생산기술 개발	1. 실험재료 : 휴면타과 종자 및 영양번식체 1년차의 휴면타과 종자, 영양번식체 2. 실험내용 1) 육묘시 광도별 실험 : 35, 55, 75% 차광 2) 육묘용 배지 종류별 실험 : 피트모스, 펄라이트, 버미큘라이트 단용, 혼용 3) 육묘시 적정 시비방법 구명 : 시비량 등

IV. 연구개발결과

1. 처녀치마(*Heloniopsis koreana*) 번식법 개발

삼수조제 방법에 따른 잎 부위 별 발근효과를 알아보기 위한 실험에서 전체 잎을 기부만 절단하여 이용한 처리가 가장 높은 발근율을 나타냈다. 삼목용토에 따른 발근효과를 알아보기 위한 실험에서 버미큘라이트 처리가 가장 높은 발근율을 나타내었으며 그 다음으로 마사토가 높은 발근율을 나타내었다. 원예용 상토, 피트모스 및 펠라이트 처리는 생육이 전반적으로 좋지 않았다. 성장조절제의 종류 및 농도에 따른 발근효과를 알아보기 위한 실험에서 NAA 100, 500mg · L⁻¹ 처리에서 가장 증가된 발근율을 나타내었다. IBA 처리는 NAA 처리 및 루톤처리에 비해 발근 및 생장이 좋지 않았다. NAA 처리 및 IBA 처리 모두 성장조절제 농도가 높아질수록 발근율이 안 좋은 경향을 나타내었다.

2. 개느삼(*Echinosophora koreensis*) 번식법 개발

개느삼의 줄기 삼목 시 배양토 종류에 따른 발근효과를 알아보기 위한 실험에서 원예용 상토 처리에서는 발근이 되지 않았으며 모래 처리와 모래+원예용 상토 혼용 처리에서는 모두 40%의 발근율을 보여주었다. 경삽 시 성장조절제의 종류 및 농도에 따른 발근효과를 알아보기 위한 실험 결과 IBA 100, 200mg · L⁻¹ 처리에서 발근이 되었지만 무처리와 NAA 처리에서는 전혀 발근되지 않았다. 근삽 시 성장조절제의 종류에 따른 신초 및 뿌리 발생효과를 알아보기 위한 실험 결과 IBA 100mg · L⁻¹ 처리에서 신초 발생율이 가장 증가되었으며 신초의 성장도 증가되었고 그 다음으로 NAA 100mg · L⁻¹ 처리가 좋았다.

3. 금평의다리(*Thalictrum rochebrunianum* var. *grandisepalum*) 육묘법 개발

플러그 트레이 육묘 시 용토에 따른 생육 특성에 있어서 금평의다리는 버미큘라이트:피트모스:펠라이트 =1:1:1(V:Pt:Pr)처리와 원예용 상토 처리가 모래 처리에 비해 생육이 증가되었으며, 뿌리수도 두 처리 모두 모래 처리에 비하여 많이 증가되었다. 비료수준에 따른 생육특성을 알아보기 위한 실험결과, 모든 처리가 무처리인 대조구에 비해 생육이 증가되었다. Hyponex 1000배 처리에서 가장 증가되는 결과를 나타내었다. 차광율에 따른 생육을 알아보기 위한 실험결과, 금평의다리는 35% 차광처리 시 모든 생육이 다른 처리에 비해 증가되는 결과를 나타내었다.

4. 자주평의다리(*Thalictrum uchiyamae*) 육묘법 개발

플러그 트레이 육묘 시 용토에 따른 생육 특성에 있어서 원예용 상토 처리에서 다른 처리에 비해 지상부와 지하부 생체중과 건물중 모두 생육이 증가되었다. 모래 처리는 V:Pt:Pr 처리에 비해 신초길이 및 엽수는 증가되었으나 잎의 크기, 뿌리의 성장과 전체 무게는 감소하였다. 비료수준에 따른 생육특성을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 무처리인 대조구에 비해 모든 처리에서 생육이 증가되는 결과를 나타내었다. 차광율에 따른 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 55% 차광처리 시 신초길이가 가장 증가되었으며, 그 다음으로 75% 차광처리, 35% 차광처리 순으로 나타났다. 생체중 및 건물중에 있어서도 55% 차광처리 시 가장 증가되는 결과를 나타내었다.

5. 연잎쟁의다리(*Thalictrum coreanum*) 육묘법 개발

플러그 트레이 육묘 시 용토에 따른 생육 특성에 있어서 원예용 상토 처리가 가장 생육이 증가되었으며 그 다음으로 V:Pt:Pr 처리가 생육이 증가되었고 모래 처리가 생육이 가장 저조하였다. 플러그 트레이 육묘 시 차광율에 따른 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 연잎쟁의다리는 35% 차광처리 시 다른 처리에 비해 전반적으로 생장이 가장 증가되는 결과를 보여 주었으며, 55% 차광처리가 두 번째로 생육이 증가되었다.

6. 바위미나리아재비(*Ranunculus crucilobus*) 육묘법 개발

플러그 트레이 육묘 시 용토에 따른 생육 특성에 있어서 바위미나리아재비는 V:Pt:Pr 처리 시 초장이 가장 증가되었으며, 그 다음으로 원예용 상토가 초장이 증가되는 결과를 나타내었으며 질석 처리 시 초장이 가장 짧았다. 비료수준에 따른 생육특성을 알아보기 위한 실험결과, 무처리인 대조구에 비해 모든 처리에서 생육이 증가되는 결과를 나타내었다. 특히, Hyponex 1000배 및 2000배 처리에서 다른 처리에 비해 전반적인 생육이 증가되었으며 두 처리 간에는 생육이 크게 차이가 나지 않았다. 차광율에 따른 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 35% 차광처리가 가장 생육이 증가되는 결과를 나타내었다.

7. 매발톱꽃(*Aquilegia buergeriana* var. *oxysepala*) 육묘법 개발

매발톱꽃은 원예용 상토 처리 시 다른 처리에 비해 생육이 가장 증가되었으며 모래처리가 생육이 가장 억제 되었다. 플러그 트레이 육묘 시 비료수준에 따른 생육특성을 알아보기 위한 실험결과를 보면, Hyponex 500배 처리가 전체적인 생육이 가장 증가되었으며 그 다음으로 Hyponex 1000배 처리가 증가되었다. 차광율에 따른 매발톱꽃 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 35% 차광처리가 다른 처리에 비해서 생육이 월등히 증가되는 결과를 나타내었다.

8. 동강할미꽃(*Pulsatilla tongkangensis*) 육묘법 개발

플러그 트레이 육묘 시 용토에 따른 생육 특성에 있어서 전반적으로 보았을 때 펄라이트 처리를 제외하고 모든 처리에서 비교적 생육이 비슷하게 나타났는데 그 중 모래 처리에서 생육이 다소 증가되는 결과를 나타내었다. 비료수준에 따른 생육특성을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 무처리에 비해 모든 처리에서 생육이 증가되는 결과를 나타내었다. Hyponex 500배 처리 시 신초길이 및 엽수, 뿌리길이가 다른 처리에 비해 가장 증가되는 결과를 나타내었고 그 다음으로 Hyponex 1000배 처리가 생육이 증가되는 결과를 나타내었다. 차광율에 따른 동강할미꽃 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 신초길이를 제외하고는 35% 차광처리가 다른 처리에 비해 모든 생육이 증가되는 결과를 나타내었다.

9. 처녀치마(*Heloniopsis koreana*) 육묘법 개발

플러그 트레이 육묘 시 비료수준에 따른 생육특성을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 무처리에 비해 모든 처리에서 생육이 증가되는 결과를 나타내었다. 그 중 Hyponex 1000배 처리 시 다른 처리에 비해 생육이 가장 증가되었다. 차광율에 따른 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 55% 차광 처리시 다른 처리와 비교해서 전반적인 생육이 증가되었다.

10. 헬레보루스(*Helleborus orientalis*) 육묘법 개발

플러그 트레이 육묘 시 차광율에 따른 헬레보루스 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 35% 차광처리 시 생육이 가장 증가되었다. 생체중 및 건물중에 있어서도 35% 차광처리가 가장 증가되었으며 그 다음으로 55%, 75% 순으로 나타났다.

11. 얼레지(*Erythronium japonicum*) 육묘법 개발

육묘 시 차광율에 따른 얼레지 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 75% 차광처리 시 인경의 생육이 가장 증가되었으며 그 다음으로 55% 차광처리가 증가되었다. 인경의 무게에 있어서는 55% 차광처리시 생체중이 가장 증가되었으며 그 다음으로 75% 차광처리가 증가되었다. 35% 차광처리 시 생육이 가장 저조하였다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획(필요에 따라 제목을 달리할 수 있음)

1. 연구성과

가. 논문발표(2편)

(1) SCI급 논문(0편 출판)

(2) 비SCI급 논문(2편 출판)

SUMMARY

(영문요약문)

1. *Heloniopsis koreana* Fuse, N. S. Lee & M. N. Tamura is native to Korea and has a great potential to become a new ornamental plant for decorative purposes in gardens, in pots and landscape due to attractive reddish-purple flowers and evergreen leaves. Therefore, we observed the effects of leaf parts and growing media on rooting and shooting of *H. koreana* for leaf cutting propagation. Leaves cut by five different ways (lower half, upper half, vertical, half horizontal, and horizontal) were examined for rooting and shooting. Leaves were cut in half horizontally to create a leaf part of lower half and upper half. Leaves were also cut in half in the vertical direction for half horizontal. Whole leaf including the leaf tip and the basal part was used for vertical and horizontal. Five different rooting media (horticultural media, decomposed granite, vermiculite, peatmoss, and perlite) were used for growing media experiment. In the effect of leaf parts, both rooting rate and root growth were the best when whole leaf was used in either vertical direction or horizontal direction. The presence of the tip and the basal part of leaf enhanced rooting rate and root growth. When vermiculite and decomposed granite were used for leaf cutting propagation, rooting rate and root growth were significantly increased. In the leaves rooted, newly formed shoots were observed at the base of leaves.

2. We observed the effects of growing media and concentration of plant growth regulators on rooting and shooting of *Echinosophora koreensis* for leaf or root cutting propagation. In the effect of growing media, both rooting rate and root growth were the best when sand or sand+horticultural media were as horticultural media. In the effect of plant growth regulators, shoot development of the experimental results increased when IBA $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ was preated at planting.

3. *Thalictrum* species belongs to the Ranunculaceae and are perennial landscape plants which are available in the garden and potted plants. This experiment was conducted to find out the basic data for the growth effects of culture media, fertilizer levels and shading rate in seedling plug cell tray in *Thalictrum rochebrunianum*, *T. uchiyamai*, and *T. coreanum*. In the experiment of cultural media, growth characteristics of *T. rochebrunianum* were better in horticultural substrate or soil mixture (vermiculite:peatmoss:perlite = 1:1:1) rather than sand only treatment. Growth characteristics of *T. uchiyamai* and *T. coreanum* were generally better in horticultural substrate. For *T. rochebrunianum* and *T. uchiyamai*, growth increased by all fertilizer level treatments as compared with non-treatment. Hyponex at 1000 dilution rate showed the highest growth. All growth increased in 35% shading as compared with other treatments for *T. rochebrunianum* and *T. coreanum*. But, for *T. uchiyamai* growth increased in 55% shading. In general, growth of three *Thalictrum*

species was worse in 75% shading, as compared with other shading rates. Based on the results, *Thalictrum* species seedling can be produced by planting in horticultural substrate with 35–55% shading and fertilization of Hyponex of 1000 dilution rate by using plug tray.

4. In the experiment of cultural media, growth characteristics of *Ranunculus crucilobus* were better in V:Pt:Pr than other treatments. And, growth increased by all fertilizer level treatments as compared with non-treatment.

5. In the effect of cultural media, growth characteristics of *Aquilegia buergeriana* var. *oxysepala* were better in horticultural substrate than other treatments. Hyponex at 1000 dilution rate showed the highest growth. All growth increased in 35% shading as compared with other treatments.

6. In the experiment of cultural media, growth characteristics of *Pulsatilla tongkangensis* were better in sand than other treatments. For *Pulsatilla tongkangensis*, growth increased by all fertilizer level treatments as compared with non-treatment. Hyponex 500 dilution rate showed the highest growth.

7. For *Heloniopsis koreana*, growth increased by all fertilizer level treatments as compared with non-treatment. Hyponex 1000 dilution rate showed the highest growth. All growth increased in 35% shading as compared with other treatments.

8. For *Helleborus orientalis*, growth increased by 35% shading as compared with other treatments.

9. In the experiment of shading rate, growth characteristics of *Erythronium japonicum* were better in 35% shading than other treatments.

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	133
제 1 절 연구개발의 목적과 필요성	133
제 2 장 국내외 기술개발 현황	134
제 1 절 국내외 기술개발 현황	134
제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과	135
제 1 절 영양번식기술개발	135
제 2 절 공정묘 생산기술 개발	145
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	173
제 1 절 목표달성도	173
제 2 절 관련분야의 기술발전 기여도	174
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획	175
제 1 절 실용화·산업화 계획(기술실시 등)	175
제 2 절 교육·지도·홍보 등 기술확산 계획 등	175
제 3 절 특허, 품종, 논문 등 지식재산권 확보 계획	175
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	176
제 7 장 참고문헌	177

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적과 필요성

1. 연구개발의 목적

가. 처녀치마, 개느삼 등의 관상용 춘계단명식물(spring ephemeral)들이 충분히 상업화할 수 있는 유망작물임에도 번식이 어려워 산업적으로 개발하기 힘들었기에 이들 작물들에 대한 영양번식 기술 개발 및 공정묘 생산기술을 개발하고자 함.

2. 연구개발대상의 필요성

가. 영양번식기술개발

- (1) 처녀치마의 번식방법은 종자번식과 포기나누기에 의한 방법이 주로 이용되어져 왔으나 종자번식의 경우 개화주까지 자라는데 시간이 많이 소요되고 포기나누기에 의한 방법은 번식효율이 낮은 문제점을 가지고 있음.
- (2) 따라서 처녀치마의 삽목에 의한 번식방법을 개발하여 빠른 시간 내에 많은 수의 처녀치마성묘를 생산하는 번식기술 개발이 필요함.
- (3) 희귀특산식물인 개느삼에 있어서도 아직 번식기술에 대한 연구가 많이 이루어지지 않아 대량번식기술 개발이 필요함.

나. 공정묘 생산기술 개발

- (1) 꿩의다리속 식물과 동강할미꽃, 바위미나리아재비 등 춘계단명식물들은 정원 및 조경용 소재로서 유망한 식물소재이나 번식 및 육묘에 관한 체계적인 연구는 거의 이루어지지 않고 있음.
- (2) 정원 및 조경용 소재로서 이용하기 위해서는 체계적이고 지속적으로 식물소재를 생산하여야 하나 번식에 관한 연구가 거의 없어 일정시기에 출하가 물리거나 출하묘의 품질이 떨어지는 경우가 있음.
- (3) 따라서 종자번식 및 육묘에 있어서 정원 및 조경용 고품질의 묘 생산을 위한 공정묘 생산기술 개발이 필요함.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내외 기술개발 현황

1. 국내외 연구현황

가. 국외현황

- (1) 처녀치마, 꿩의다리속 식물 및 개느삼 등은 우리나라 자생식물이며 희귀특산식물로서 외국에서는 관련 연구가 거의 이루어지지 않아 번식 및 육묘와 같은 연구 내용을 찾아보기 어려움.

나. 국내현황

- (1) 국내에서 대상식물인 처녀치마 및 꿩의다리속 식물, 개느삼 등의 번식에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았으며 성분분석과 식생조사와 같은 연구만 다소 이루어지고 있음.
- (2) 처녀치마에 있어서 조직배양에 관한 연구는 다소 이루어 졌으나 삼목과 같은 영양번식에 관한 연구는 전혀 이루어지지 않았음.
- (3) 개느삼에 관한 연구는 성분분석과 식생조사에 관한 것이 대부분이고 번식에 관한 연구도 다소 이루어 졌으나 번식률이 낮아 추가적인 연구가 필요함.

2. 문제점 및 전망

가. 처녀치마 및 개느삼, 꿩의다리속 식물 등의 번식에 관한 연구는 거의 이루어지지 않아 재배 농가들이 활용한 데이터가 부족한 실정임.

나. 번식 및 육묘 방법은 식물종마다 차이가 있으므로 그 중에 맞는 번식 및 육묘법 확립이 필요함.

다. 본 연구에서 번식 및 육묘법을 확립하면 농가들이 자생식물 재배에 활용하고 추가적인 연구를 위한 기초 자료로 활용될 수 있음.

마. 번식 및 육묘법의 확립으로 재배농가에서 자생식물을 생산하는데 활용하여 우리 자생식물이 원예 및 조경 소재로서 많이 활용하게 될 것으로 사료됨.

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

제 1 절 영양번식 기술 개발

1. 처녀치마(*Heloniopsis koreana* Fuse, N. S. Lee & M. N. Tamura) 번식법 개발

가. 연구목적

처녀치마는 백합과에 속하는 숙근성 다년초로서 부엽이 두텁게 쌓여 비옥하고 습윤한 낙엽수림 밑에 자란다. 4월부터 아름다운 적자색의 꽃이 피기 시작하고 개화기간이 길며, 잎이 상록성이기 때문에 관상가치가 높아 남획에 의해 자생지에서도 개체수가 점차 줄고 있다. 특히 남한의 자생 처녀치마는 최근에 특산식물로 분류되었다. 처녀치마는 상록성으로 화분에 심어 감상할 수 있고 정원용 관상식물이나, 조경용 소재로서도 이용이 가능하다. 분화나 정원 및 조경용 소재로서 이용하기 좋은 유용한 식물자원들의 대부분이 구근 또는 숙근류로서, 종자번식으로 개화주까지 자라는데 많은 시간이 소비되고, 또한 번식방법이 제대로 확립되어 있지 않은 것들이 많다. 이러한 식물로 열레지, 복수초, 노루귀, 갯쟁이풀, 처녀치마, 바람꽃 등이 있다. 처녀치마는 종자번식, 분주, 삽목 및 조직배양으로 번식이 가능하다. 그러나 실용적인 측면에서 분주나 삽목이 용이한데, 분주는 개체 증식 효율이 낮은 문제점을 가지고 있다. 삽목 발근에는 다양한 요인들이 영향을 미치지만, 특히 삽목 시 잎의 상태, 삽목 배지종류가 주요하게 영향을 미치는데, 식물의 종류에 따라 그 영향이 상이하다. 즉 처녀치마의 잠재적인 상업적 가치에도 불구하고 영양번식에 관한 실용적인 자료가 없었다. 본 연구에서는 처녀치마의 영양번식 중 엽삽 시 삽목하는 잎의 부위와 삽목용토가 발근, 근권의 생장 및 신초형성에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 실험재료

실험재료는 경기도 용인시 소재 한택식물원의 자연생태원에서 재배중인 10년생 이상 된 처녀치마(*Heloniopsis koreana*)의 지제부에 총생하는 당년에 새로 나와 생장 중이던 잎을 채취하여 사용하였다. 실험은 자동관수시설이 설치되어 있는 한택식물원 내 비닐하우스에서 실시하였다. 2012년 8월 11일에 실험을 시작하였고, 삽목 74일째인 10월 24일에 발근율, 뿌리수 및 뿌리길이를 조사하였고, 삽수별 발근 양상, 기부에 형성된 뿌리를 사진 촬영하였다.

(2) 잎 부위의 영향

삽목 시 잎 부위에 따른 발근정도를 알아보기 위하여, 삽수 조제 방법을 다섯 가지로 달리 하였다(Fig. 1-1-1). 잎을 상·하로 1/2 절단하여 윗부분(Upper half)과 아랫부분(Lower half)을 이용하였다. 그리고 전체 잎을 기부만 절단하여 이용한 처리(Vertical), 잎을 세로방향으로 주맥을 따라 1/2 절단하여 이용한 처리(Half horizontal), 그리고 자르지 않고 전체 잎을 그대로 옆으로 식재한 처리(Horizontal)로 구분하였다. 준비한 삽수는 기부를 예리한 칼로 절단하여 직경 13cm, 높이 12cm인 플라스틱 포트에 원예용 상토(Horticultural media, 대농상토 골드, 대농농자재)를 채워 식재하였다. 처리 당 20개체 4반복 완전임의배치하여 실험하였다. 직사광선을 피

하기 위해 55% 흑색 차광망을 사용하였고, 삽목용토가 마르지 않도록 충분히 관수하였다.

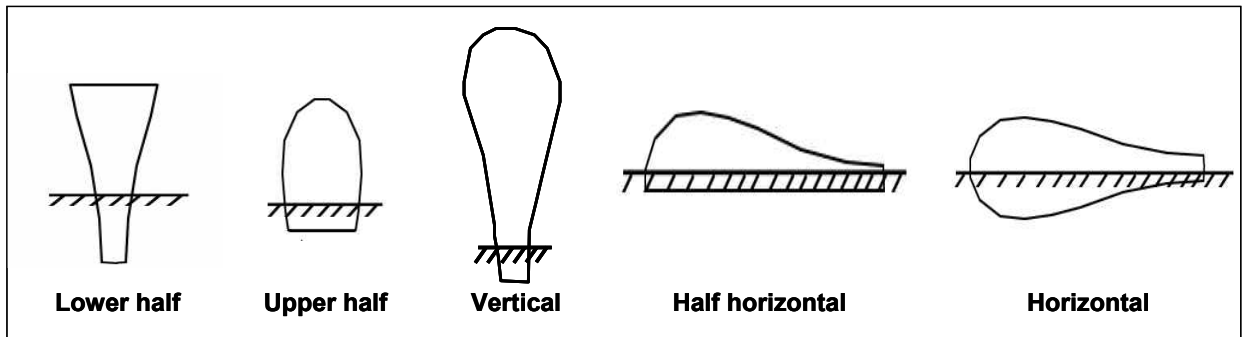


Fig. 1-1-1. Diagram of leaf parts used in this experiment.

(3) 삽목용토의 영향

전체 잎을 기부만 절단한 잎을 이용하였다. 삽목용토의 종류에 따른 발근효과를 알아보기 위해 원예용 상토(Horticultural media, 대농상토 골드, 대농농자재), 마사토(Decomposed granite), 버미큘라이트(Vermiculite, 버미누리, (주)지에프씨), 피트모스(Peatmoss, Sunshine, Sun Gro Horticulture Canada Ltd., Canada), 펄라이트(Perlite, 뉴펄샤인 2호, (주)지에프씨)를 단용 처리하여 실험하였다. 삽수는 채취 후 기부 가까이 예리한 칼로 절단하여 사용하였다. 직경 13cm, 높이 12cm 인 플라스틱 포트에 식재 하였으며, 처리당 20개씩 4반복 완전임의배치하였다. 직사광선을 피하기 위해 55% 흑색 차광망을 사용하였고, 삽목용토가 마르지 않도록 충분히 관수하였다.

(4) 성장조절제의 영향

삽목시 성장조절제종류 및 농도에 따른 발근효과를 알아보기 위해 무처리를 대조구로 하여 루톤(Rooton, 동부한농화학), IBA 100, 500, 1,000mg · L⁻¹, NAA 100, 500, 1,000mg · L⁻¹을 각각 처리하였다. 대조구는 삽수를 자르고 바로 물에 침지하여 30분 후 용토에 치상하였으며 루톤은 삽수 조제 후 절단면에 분의처리하여 바로 치상하였다. IBA와 NAA 처리는 30분간 절단면이 충분히 잠기게 하여 침지처리 한 후 삽목 하였다. 삽목용토는 원예용 상토(대농농자재)를 이용하였고 실험방법은 위와 동일하다.

다. 결과 및 고찰

(1) 잎 부위에 따른 발근

삽수조제 방법에 따른 잎 부위 별 발근효과를 알아보기 위한 실험에서, 발근율은 전체 잎을 기부만 절단하여 이용한 처리(Vertical)가 69.0%로 가장 높은 발근율을 나타냈다(Table 1-1-1, Fig. 1-1-2). 그 다음으로 잎을 자르지 않고 그대로 옆으로 눕혀서 식재한 처리(Horizontal)와 1/2 절단 후 상부를 치상한 처리(Upper half)가 각각 66.5%, 62.5%의 발근율을 나타냈다. 또한 모든 발근된 개체에서는 기부에 신초가 형성되었다. 삽수를 상·하1/2로 절단하여 식재한 처리 중 하부를 식재한 처리(Lower half)에서는 상부보다 발근이 좋지 않게 나타났다. 잎을 세로방향으로 주맥을 따라 1/2 절단하여 옆으로 식재한 처리(Half horizontal)의 경우, 대부분의 개체가 부패되었으며, 발근된 개체도 확인 되지 않았다. 뿌리수는 전체 잎을 기부만 절단하여 이용

한 처리(Vertial)에서 3.9개, 잎을 자르지 않고 그대로 옆으로 눕혀서 식재한 처리(Horizontal)에서 3.5개로 가장 많았고, Lower half 처리에서는 1.6개로 저조하였다. 그러나 뿌리길이의 경우는 발근율, 뿌리수와는 달리 처리간에 큰 차이가 없었다. 즉, 일단 발근이 되면 뿌리의 길이는 비슷하였다. 따라서 전체 잎을 기부만 절단하여 이용한 처리(Vertical)와 잎을 자르지 않고 그대로 옆으로 눕혀서 식재한 처리(Horizontal)가 전체적인 결과가 좋았다. 옆으로 식재한 처리는 결과는 좋게 나타났으나, 삼목 시 공간을 상대적으로 많이 차지한다는 단점이 있다.

Table 1-1-1. Effect of leaf pars on rooting of *Heloniopsis koreana*.

Treatment	No. of root	Rooting rate (%)	No. of shoot	No. of leaves	Shoot		No. of root	Root length (cm)
					Length (cm)	Width (cm)		
Lower half	3.0	15.0	1.2	1.5	0.8	0.2	1.6	4.2
Upper half	12.5	62.5	1.2	1.7	1.1	0.2	2.5	3.9
Vertical	13.8	69.0	1.4	1.9	1.2	0.3	3.9	4.0
Half horizontal	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Horizontal	13.3	66.5	1.4	2.1	1.3	0.3	3.5	4.9

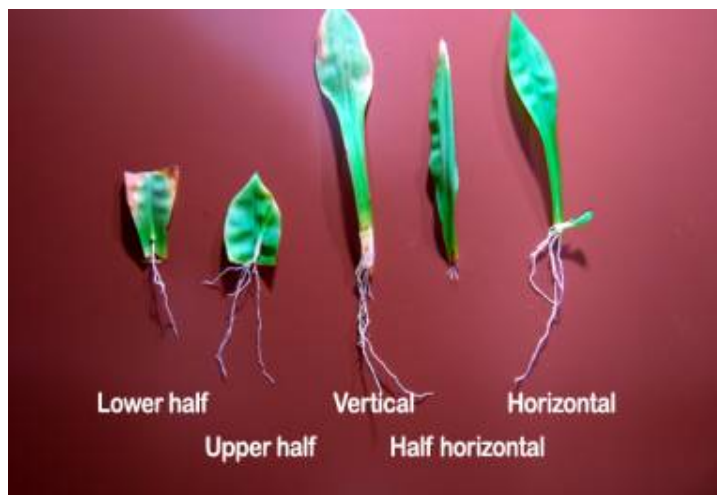


Fig. 1-1-2. Effect of leaf parts on rooting of *Heloniopsis koreana*.

본 실험에서 잎의 선단부가 온전하게 존재하는 처리에서 발근율이 높았으나 증식 효율을 고려한다면, 잎을 상·하로 절단하여 처리한 upper half, lower half 처리가 더 많은 삼수를 얻을 수 있기 때문에 더 효율적이라 판단된다. 식물의 엽삽 번식 시 어린잎을 이용할수록 신초형성과 발근율이 더 높고, 20℃ 정도에서 신초형성이 가장 좋다고 알려져 있다. 또한 물싸리 (*Potentilla fruticosa* L.)의 삼목 번식 시 봄철인 4월 16일에 삼목한 경우, 이후 5-9월의 삼목에 비해 발근율이 높고 뿌리수 및 신초수가 많았다고 하였다. 본 연구에서는 실험을 8월부터 시작

하였다. 처녀치마의 잎의 생장이 늦봄부터 시작되는 점을 고려할 때 더 앞선 시기에 새 잎을 이용해서 삽목을 한다면 더욱 효율적일 것으로 판단된다.

(2) 삽목용토에 따른 발근

삽목용토에 따른 발근효과를 알아보기 위한 실험결과를 보면 발근율과 근권의 생장에 있어서 큰 차이를 보였다(Table 1-1-2, Fig. 1-1-3). 버미큘라이트 처리가 94%로 가장 높은 발근율을 나타내었으며 그 다음으로 마사토가 87.5%의 높은 발근율을 나타내었다. 원예용 상토, 피트모스 및 펄라이트 처리는 각각 42.5, 60.0 및 46.5%의 발근율을 보여 상대적으로 저조하였고, 근권의 생육이 전반적으로 좋지 않았다. 뿌리수와 뿌리길이의 경우도 마사토와 버미큘라이트 처리에서 높게 나타났다. 또한 발근된 개체의 기부에서 신초가 형성되는 것을 관찰하였다. 따라서 처녀치마의 번식에 있어서 엽삽이 실용적인 방법이 될 수 있을 것으로 판단되었다. 처녀치마의 경우 종자번식을 통해 개화주를 생산하려면 보통 4년 이상의 상당히 긴 기간이 소요되는데, 엽삽을 이용한다면 종자번식에 비해 상대적으로 단기간에 개화주를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

Table 1-1-2. Effect of rooting media on rooting of *Heloniopsis koreana*.

Rooting media	No. of root	Rooting rate (%)	No. of shoot	No. of leaves	Shoot		No. of root	Root length (cm)
					Length (cm)	Width (cm)		
Horticultural media	8.5	42.5	1.9	3.0	1.0	0.2	3.8	3.0
Coarse soil	17.5	87.5	1.4	1.9	0.8	0.2	4.4	3.9
Vermiculite	18.8	94.0	1.5	2.0	0.9	0.2	6.0	6.2
Peatmoss	12.0	60.0	1.3	1.8	0.9	0.2	3.6	3.3
Perlite	9.3	46.5	1.3	1.6	0.6	0.2	3.2	3.3



Fig. 1-1-3. Effect of cutting media on rooting of *Heloniopsis koreana*.



Fig. 1-1-4. Effect of cutting media(Vermiculite) on rooting of *Heloniopsis koreana*.

(3) 생장조절제에 따른 발근

생장조절제의 종류 및 농도에 따른 발근효과를 알아보기 위한 실험 결과 NAA 100, 500mg · L⁻¹ 처리에서 41.5%로 다른 처리에 비해 가장 증가된 발근율을 나타내었다(Table 1-1-3, Fig. 1-1-5). 전반적인 발근 및 생장을 보면 NAA 100mg · L⁻¹ 처리가 가장 좋은 결과를 나타내었다. IBA 처리는 NAA 처리 및 루톤처리에 비해 발근 및 생장이 좋지 않았다. NAA 처리 및 IBA 처리 모두 생장조절제 농도가 높아질수록 발근율이 안 좋은 경향을 나타내었다. Odom과 Carpenter(1965)에 의하면 초본류의 삽목번식에 있어서 삽수의 발근정도는 주로 내생 옥신의 영향에 의해서 좌우된다고 하였는데 처녀치마의 엽삽에 있어서도 옥신에 의해 발근이 촉진되는 결과를 보였다.

그러나 본 연구에서의 생장조절제 처리의 효과가 대체로 저조하였던 점을 감안할 때, 좀 더 다양한 농도의 처리와 순간침지 처리 같은 다른 방법이 고안되어야 할 것으로 판단된다.

Table 1-1-3. Effect of plant growth regulator on rooting of *Heloniopsis koreana*.

PGR (mg · L ⁻¹)	No. of root	Rooting rate (%)	No. of shoot	No. of leaves	Shoot		No. of root	Root length (cm)
					Length (cm)	Width (cm)		
Control	4.5	22.5	1.3	1.5	0.7	0.2	3.6	4.1
Rooton	6.3	31.5	1.7	2.0	1.0	0.3	4.4	4.9
IBA 100	5.0	25.0	2.0	2.5	1.1	0.3	4.9	5.2
IBA 500	5.0	25.0	1.4	2.0	1.1	0.3	4.0	5.2
IBA 1000	3.5	17.5	1.7	2.1	0.8	0.2	4.3	4.4
NAA 100	8.3	41.5	2.0	2.3	1.0	0.3	5.4	4.1
NAA 500	8.3	41.5	1.6	2.2	1.0	0.2	5.0	3.7
NAA 1000	4.5	22.5	1.7	2.3	1.0	0.3	4.6	4.1



Fig. 1-1-5. Effect of plant growth regulator on rooting of *Heloniopsis koreana*. Control(A); Rooton(B); IBA 100(C); IBA 500(D); IBA 1000(E); NAA 100(F); NAA 500(G); NAA 1000(H).

2. 개느삼(*Echinosophora koreensis* Nakai(Nakai)) 번식법 개발

가. 연구목적

개느삼은 콩과에 속하는 낙엽활엽관목으로 강원도 동북부지방에서 주로 자란다. 주로 배수가 잘되고 햇빛이 잘 드는 양지에서 생육이 좋다. 개느삼은 우리나라 고유종으로서 크기가 1m 내외로 자라고 5월경 꽃이 노란색으로 매우 아름답게 피기 때문에 관상가치가 매우 뛰어나 분화 및 정원, 조경용소재로 활용하기에 아주 좋다. 개느삼은 꽃은 많이 피나 종자결실이 잘 안되며 분주에 의해서도 번식이 가능하나 증식률이 낮고 삼목번식법 또한 발근율이 낮은 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 개느삼의 영양번식 시 삼목 부위 및 성장조절제처리, 삼목용토가 발근에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 실험재료

실험재료는 경기도 용인시 소재 한택식물원에서 재배중인 개느삼의 줄기 및 뿌리를 채취하여 사용하였다. 실험은 자동관수시설이 설치되어 있는 한택식물원 내 비닐하우스에서 실시하였다. 삼목용토 및 경삽 시 성장조절제 실험은 2014년 9월 5일에 시작하여 8주후에, 근삽 시 성장조절제 실험은 2014년 9월 12일에 시작하여 8주후에 발근율, 뿌리수 및 뿌리길이를 조사하였고, 삼수별 발근 양상, 기부에 형성된 뿌리를 사진 촬영하였다.

(2) 삼목용토의 영향

삼목용토의 종류에 따른 발근효과를 알아보기 위해 모래(Sand), 원예용 상토(Horticultural media, 대농상토 골드, 대농농자재), 모래+원예용 상토(1:1=v:v)로 처리하여 실험하였다. 삼수는 채취 후 예리한 칼로 절단하여 사용하였다. 직경 13cm, 높이 12cm인 플라스틱 포트에 각각 처리에 맞게 삼목용토를 충전한 후 충분히 관수 한 후 치상하였다. 직사광선을 피하기 위해 55% 흑색 차광망을 사용하였고, 삼목용토가 마르지 않도록 충분히 관수하였으며 처리 당 5개체씩 2반복으로 처리하였다.

(3) 경삽 시 성장조절제의 영향

줄기를 이용한 경삽 시 성장조절제 종류에 따른 발근정도를 알아보기 위하여, 무처리를 대조구로 하여 IBA 100, 200mg · L⁻¹, NAA 100, 200mg · L⁻¹을 각각 처리하였다. 준비한 삼수는 굵기가 3~5mm 정도이고 길이는 10cm가 되도록 예리한 칼로 절단하여 이용하였다. 대조구는 삼수를 자르고 바로 물에 30분간 침지하였다가 용토에 치상하였으며 IBA와 NAA 처리는 30분간 절단면이 충분히 잠기게 침지처리 한 후 용토에 치상하였다. 직경 13cm, 높이 12cm인 플라스틱 포트에 원예용 상토(Horticultural Media, 대농상토 골드, 대농농자재)를 채워 치상하였다. 용토가 마르지 않게 관수하였으며 처리 당 5개체씩 2반복으로 처리하였다.

(4) 근삽 시 성장조절제의 영향

뿌리를 이용한 근삽 시 성장조절제 종류에 따른 발근정도를 알아보기 위하여, 무처리를 대조구로 하여 IBA 100mg · L⁻¹, NAA 100mg · L⁻¹를 각각 처리하였다. 준비한 삼수는 굵기가 4~6mm 정도 되는 뿌리를 예리한 칼로 길이가 7cm가 되도록 절단하여 이용하였다. 무처리는

삽수 전체를 바로 물에 30분간 침지하였다가 용토에 치상하였으며 IBA와 NAA 처리도 30분간 삽수 전체가 충분히 잠기게 침지처리 한 후 용토에 치상하였다. 직경 13cm, 높이 12cm인 플라스틱 포트에 원예용 상토(Horticultural Media, 대농상토 골드, 대농농자재)를 채워 치상하였다. 용토가 마르지 않게 관수하였으며 처리 당 5개체씩 2반복으로 처리하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) 삽목용토의 영향

개느삼의 줄기 삽목 시 배양토 종류에 따른 발근효과를 알아보기 위한 실험에서 원예용 상토 처리에서는 발근이 되지 않았으며 모래 처리와 모래+원예용 상토 혼용 처리에서는 모두 40%의 발근율을 보여주었다(Table 1-2-1, Fig. 1-2-1). 모든 처리에서 신초가 발생되지는 않았는데 이는 가을에 삽목하여 휴면기에 들어가기 때문에 뿌리만 발생한 것으로 사료된다. 모래+원예용 상토 혼용 처리에서 뿌리수가 2.0개로 가장 많았으며 그 다음으로 모래 처리가 1.5개로 나타내었다. 모래 처리에서는 뿌리길이가 다른 처리에 비해 가장 증가되었다.

Table 1-2-1. Effect of cutting media on rooting in stem cutting of *Echinosophora koreensis*.

Soil mixtures	No. of shoot	Shoot length (cm)	No. of leaves	Petiole length (cm)	Shoot diameter (cm)	No. of root	Root length (cm)	Rooting rate (%)
Sand	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.8	40.0
Horticultural media	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sand+ Horticultural media	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.4	40.0



Fig. 1-2-1. Effect of cutting media on rooting in stem cutting of *Echinosophora koreensis*.

(2) 경삼 시 성장조절제의 영향

경삽 시 성장조절제의 종류 및 농도에 따른 발근효과를 알아보기 위한 실험 결과 IBA 100, 200mg · L⁻¹ 처리에서 발근이 되었지만 무처리와 NAA 처리에서는 전혀 발근되지 않았다(Table 1-2-2, Fig. 1-2-2). IBA 100mg · L⁻¹ 처리에서는 발근율이 60%로 가장 증가되었으며 그 다음으로 IBA 200mg · L⁻¹ 처리에서 발근율이 40%로 증가되었다. 개느삼의 경삽 시 NAA 보다는 IBA가 발근율을 증가시키는데 영향을 미치는 것으로 나타났으며 IBA 200mg · L⁻¹ 처리보다 IBA 100mg · L⁻¹가 신초 및 뿌리발생이 더 좋은 것으로 IBA 100mg · L⁻¹보다 낮은 농도에서 실험이 필요할 것으로 사료된다.

Table 1-2-2. Effect of plant growth regulator on rooting in stem cutting of *Echinosophora koreensis*.

PGR (mg · L ⁻¹)	No. of shoots	Shoot length (cm)	No. of leaves	Petiole length (cm)	Shoot diameter (cm)	No. of roots	Root length (cm)	Rooting rate (%)
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
IBA 100	1.0	0.8	2.0	3.3	0.2	1.3	1.8	60.0
IBA 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.6	40.0
NAA 100	1.0	1.0	1.0	1.3	0.1	0.0	0.0	0.0
NAA 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



Fig. 1-2-2. Effect of plant growth regulator on rooting in stem cutting of *Echinosophora koreensis*.

(3) 근삽 시 성장조절제의 영향

근삽 시 성장조절제의 종류에 따른 신초 및 뿌리 발생효과를 알아보기 위한 실험 결과 IBA 100mg · L⁻¹ 처리에서 신초 발생율이 50.0%로 가장 증가되었으며 신초의 생장도 증가되었고 그

다음으로 NAA 100mg · L⁻¹ 처리가 신초 발생율이 20.0%로 나타났다(Table 1-2-3, Fig. 1-2-3). 무처리에서는 전혀 신초 및 뿌리가 발생되지 않았다. 모든 처리에서 발근이 되지 않았는데 뿌리를 이용한 근삽에서는 신초가 먼저 발생되고 나서 뿌리가 발생되기 때문에 발근이 되지 않은 것으로 사료된다. 개느삼의 근삽 시 NAA 보다는 IBA가 신초 발생에 효과가 있는 것으로 나타났으며 추가적으로 IBA의 다양한 농도 실험이 필요할 것으로 사료된다.

그러나 본 연구에서는 몇 가지 단일 성장조절제의 처리만을 적용하였기 때문에, 다양한 농도와 처리 방법에 관한 추가적인 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

Table 1-2-3. Effect of plant growth regulator on rooting in root cutting of *Echinosophora koreensis*.

PGR (mg/L)	No. of shoots	Shoot length (cm)	No. of leaves	Petiole length (cm)	Shoot diameter (cm)	Shooting rate (%)	Rooting rate (%)
Control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NAA 100	1.0	4.0	0.0	0.0	0.1	20.0	0.0
IBA 100	1.2	6.0	2.6	2.0	0.2	50.0	0.0



Fig. 1-2-3. Effect of plant growth regulator on rooting in root cutting of *Echinosophora koreensis*.

제 2 절 공정묘 생산기술 개발

1. 금평의다리(*Thalictrum rochebrunianum* var. *grandisepalum* (H.Lev.) Nakai) 육묘법 개발

가. 연구목적

금평의다리는 미나리아재비과에 속하는 다년생 초본식물로서 7월에서 8월경 꽃색이 연한 자주색이고 꽃밥 및 수술대는 황색인 매우 아름다운 꽃이 많이 달리는 식물이다. 크기도 1m 이상 자라고 양지에서도 잘 자라며 절개지와 같은 척박한 곳에서도 비교적 잘 자란다. 꽃이 아름답고 특별히 재배환경을 가리지 않기 때문에 척박한 곳의 녹화용이나 절화용, 화단용 및 조경용 식물로서 이용하면 매우 좋다. 하지만 금평의다리에 관한 연구는 성분분석 및 식생에 관한 연구가 대부분으로 번식 및 재배에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 금평의다리 육묘 시 배양토 종류, 비료수준 및 차광정도가 금평의다리의 육묘생장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험을 실시하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 실험재료

실험에 사용된 종자는 경기도 용인시 소재 한택식물원에서 2013년 9월 15일에 채종하였다. 비료수준 및 차광정도 실험은 종자를 2013년 9월 24일에 파종하여 2014년 발아한 육묘 중 균 일한 개체들을 골라 3월 29일 각각의 처리에 맞게 128공 플러그 트레이에 이식하여 9주 후에 생육특성을 조사하였으며, 용토종류 실험은 6월 27일 이식하여 12주 후에 생육특성을 조사하였다. 저면자동관수시설이 설치되어 있는 비닐하우스에서 실험하였으며 비닐하우스는 2014년 실험을 실시하기 전에 새로운 비닐로 교체하였고 실험을 위하여 전체 차광막 설치하지 않았다.

(2) 배양토종류

육묘 시 배양토종류에 따른 생장 특성을 알아보기 위하여 모래(Sand), 원예용 상토(Horticultural media, 대농상토 골드, 대농농자재), 버미큘라이트(Vermiculite, 버미누리, (주)지에프씨):피트모스(Peatmoss, Sunshine, Sun Gro Horticulture Canada Ltd., Canada):펄라이트(Perlite, 뉴펄샤인 2호, (주)지에프씨)=1:1:1로 조제하여 3가지 배양토 종류로 128공 플러그 트레이에 채웠으며, 35% 차광처리 하에서 실험하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

(3) 비료수준

육묘 시 비료농도에 따른 생장 특성을 알아보기 위하여 무처리를 대조구로 하여 Hyponex (N:P:K=6:10:5, Hyponex Japan, Osaka, Japan)를 500, 1,000, 2,000배로 희석하여 일주일에 한 번씩 생육 전기간 동안 관주 처리하였다. 발아묘의 이식에 사용된 배양토는 원예용 상토로 128공 플러그 트레이에 채웠으며 35% 차광처리 하에서 실험하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

(4) 차광정도

꿩의다리속 식물은 비교적 산속이나 산기슭의 그늘진 곳에서 자라는 식물로 육묘 시 차광정도에 따른 성장정도를 알아보기 위하여 비닐온실 내에서 35, 55, 75% 차광구를 설치하여 실험하였다. 발아묘의 이식에 사용된 배양토는 원예용 상토로 128공 플러그 트레이에 채워 실험에 사용하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) 배양토종류

플러그 트레이 육묘 시 용토에 따른 생육 특성에 있어서 금꿩의다리는 버미큘라이트:피트모스:펄라이트 =1:1:1(V:Pt:Pr)처리와 원예용 상토 처리가 초장이 각각 11.7cm, 9.8cm로 모래 처리에 비해 증가되었으며, 뿌리수도 두 처리 모두 10.4개로 모래 처리가 5.8개인 것에 비하여 많이 증가되었다. 전반적으로 모래 처리에 비하여 원예용 상토와 V:Pt:Pr 처리가 전체적인 생육이 좋았으며, 두 처리 간에는 큰 차이가 없었다(Table 2-1-1, Fig. 2-1-1).

Table 2-1-1. Effect of various soil mixtures on the growth of *Thalictrum rochebrunianum*.

Soil mixtures	Shoot length (cm)	No. of leaves	No. of petioles	Leaf size(cm)		Root length (cm)	No. of roots	Fresh wt(mg)		Dry wt(mg)	
				Length	Width			Shoot	Root	Shoot	Root
Sand	7.5	31.2	4.6	1.4	1.8	15.1	5.8	244.0	724.0	66.0	218.0
Horticultural media	9.8	34.8	4.8	1.7	1.9	14.8	10.4	530.0	1,108.0	76.0	308.0
V:Pt:Pr=1:1:1 ^z	11.7	33.4	4.8	1.8	2.0	16.7	10.4	360.0	1,242.0	96.0	368.0

^z V: Vermiculite; Pt: Peatmoss; Pr: Perlite.



Fig. 2-1-1. Effect of various soil mixture on the growth of *Thalictrum rochebrunianum*.

(2) 비료수준

플러그 트레이 육묘 시 비료수준에 따른 생육특성을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 금평의 다리는 모든 처리가 무처리인 대조구에 비해 생육이 증가되었다(Table 2-1-2, Fig. 2-1-2). Hyponex 1000배액 처리에서 초장이 19.9cm로 다른 처리에 비해 가장 증가되었으며 그 다음으로 2000배 처리가 16.6cm로 높은 수치를 보였다. 특히 지상부 생체중에 있어서는 무처리에 비해 두 배 이상 생육이 증가되는 결과를 나타내었다. 전반적인 생육도 Hyponex 1000배액 처리가 가장 좋았고 그 다음으로 2000배, 500배, 무처리 순이었다. Hyponex 500배와 2000배액 처리는 생육에 있어서 크게 차이가 나지 않았다.

Table 2-1-2. Effect of fertilization levels on the growth characteristics of *Thalictrum rochebrunianum*.

Fertilization level	Shoot length (cm)	No. of leaves	No. of petioles	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of root	Fresh wt (mg)		Dry wt (mg)	
				Length	Width			Shoot	Root	Shoot	Root
Control	13.1	19.2	4.6	2.2	3.1	10.0	12.1	1,100.0	1,124	228.0	206.0
× 500	15.3	23.0	4.9	2.5	3.5	9.0	9.8	1,648.0	820.0	306.0	146.0
× 1000	19.9	26.3	5.1	3.2	4.6	9.5	13.3	2,616.0	1,372.0	466.0	224.0
× 2000	16.6	21.4	4.5	2.9	3.9	10.0	13.1	1,866.0	1,278.0	328.0	210.0

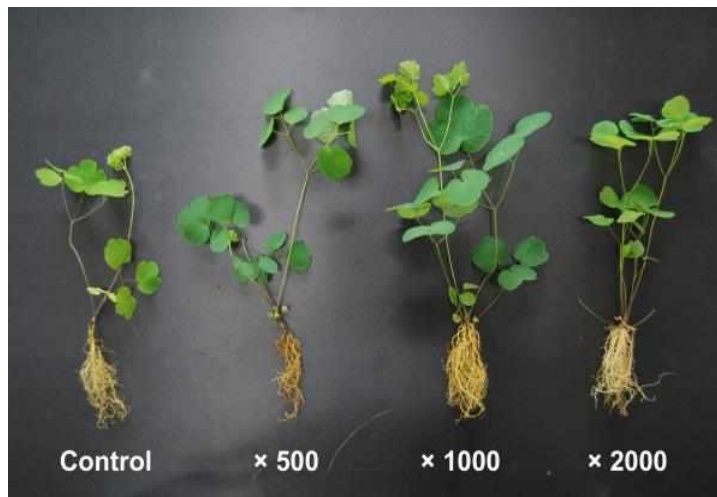


Fig. 2-1-2. Effect of fertilization levels on the growth of *Thalictrum rochebrunianum*.

(3) 차광정도

플러그 트레이 육묘 시 차광율에 따른 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 금평의 다리는 35% 차광처리 시 모든 생육이 다른 처리에 비해 증가되는 결과를 나타내었다(Table 2-1-3,

Fig. 2-1-3). 35% 차광처리는 초장이 16.0cm, 생체중 1,666.0mg으로 75% 차광처리가 각각 9.6cm, 300.0mg인 것과 비교해서 생육이 증가 되었다. 금평의다리 육묘 시 75% 차광처리는 식물체를 작고 약하게 만들어 35% 차광이 묘의 생장에 가장 알맞은 것으로 사료된다.

Table 2-1-3. Effect of shading rate on the growth of *Thalictrum rochebrunianum*.

Shading (%)	Shoot length (cm)	No. of leaves	No. of petioles	Leaf size(cm)		Root length (cm)	No. of roots	Fresh wt(mg)		Dry wt(mg)	
				Length	Width			Shoot	Root	Shoot	Root
35	16.0	20.6	5.0	2.6	3.8	10.6	12.3	1,666.0	1,120.0	290.0	160.0
55	13.6	18.9	4.1	2.1	2.8	8.5	5.4	766.0	220.0	0106.0	34.0
75	9.6	11.2	3.2	1.5	2.1	6.8	2.3	300.0	68.0	36.0	8.0



Fig. 2-1-3. Effect of shading rate on the growth of *Thalictrum rochebrunianum*.

2. 자주평의다리(*Thalictrum uchiyamai* Nakai) 육묘법 개발

가. 연구목적

자주평의다리는 미나리아재비과에 속하는 다년생 초본식물로서 꽃은 6월에서 7월경 흰빛이 도는 자주색으로 핀다. 크기도 50cm 정도 자라고 비교적 어두운 반그늘의 습기가 많은 곳에서 잘 자란다. 자주평의다리는 반음지에서 자라기 때문에 관목 밑이나 건물의 옆과 같은 그늘진 곳에 심으면 잘 자라며 크기가 크게 자라지 않기 때문에 분화용, 화단용 및 조경용 식물로서 이용하면 매우 좋다. 자주평의다리에 관한 연구는 성분분석에 관한 연구가 많고 식생에 관한 연구가 다소 진행되었지만 번식 및 재배에 관한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 자주평의다리 육묘 시 배양토 종류, 비료수준 및 차광정도가 육묘생장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험을 실시하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 실험재료

실험에 사용된 종자는 경기도 용인시 소재 한택식물원에서 2013년 9월 15일에 채종한 후 2014년 3월 18일에 5°C cold-lab chamber(DS-91, Dasol Scientific Co., Hwaseong, Korea)에 10주간 층적처리 후 발아한 육묘 중 균일한 개체들을 골라 7월 16일 각각의 처리에 맞게 128공 플러그 트레이에 이식하여 12주 후에 생육특성을 조사하였다. 위 실험과 동일한 저면자동관수시설이 설치되어 있는 비닐하우스에서 실험을 실시하였다.

(2) 배양토종류

육묘 시 배양토 종류에 따른 성장 특성을 알아보기 위하여 모래(Sand), 원예용 상토(Horticultural media, 대농상토 골드, 대농농자재), 버미큘라이트(Vermiculite, 버미누리, (주)지에프씨):피트모스(Peatmoss, Sunshine, Sun Gro Horticulture Canada Ltd., Canada):펄라이트(Perlite, 뉴펄샤인 2호, (주)지에프씨)=1:1:1로 조제하여 3가지 배양토 종류로 128공 플러그 트레이에 채웠으며, 35% 차광처리 하에서 실험하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

(3) 비료수준

육묘 시 비료 농도에 따른 성장 특성을 알아보기 위하여 무시비를 대조구로 하여 Hyponex (N:P:K=6:10:5, Hyponex Japan, Osaka, Japan)를 500, 1,000, 2,000배로 희석하여 일주일에 한번씩 생육 전기간 동안 관주 처리하였다. 발아묘의 이식에 사용된 배양토는 원예용 상토로 128공 플러그 트레이에 채웠으며 35% 차광처리 하에서 실험하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

(4) 차광정도

평의다리속 식물은 비교적 산속이나 산기슭의 그늘진 곳에서 자라는 식물로 육묘 시 차광정도에 따른 성장정도를 알아보기 위하여 비닐온실 내에서 35, 55, 75% 차광구를 설치하여 실험하였다. 발아묘의 이식에 사용된 배양토는 원예용 상토로 128공 플러그 트레이에 채워 실험에 사용하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) 배양토종류

자주평의다리는 원예용 상토 처리가 초장이 11.4cm로 가장 증가되었으며 그 다음으로 모래 처리가 10.1cm로 증가되었다(Table 2-2-1, Fig. 2-2-1). 원예용 상토 처리에서 다른 처리에 비해 지상부와 지하부 생체중과 건물중 모두 생육이 증가되었다. 모래 처리는 V:Pt:Pr 처리에 비해 신초길이 및 엽수는 증가되었으나 잎의 크기, 뿌리의 성장과 전체 무게는 감소하였다.

Table 2-2-1. Effect of various soil mixture on the growth of *Thalictrum uchiyamai*.

Soil mixtures	Shoot length (cm)	No. of leaves	No. of petioles	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of roots	Fresh wt (mg)		Dry wt (mg)	
				Length	Width			Shoot	Root	Shoot	Root
Sand	10.1	30.5	5.0	2.1	2.6	9.6	5.4	304.0	252.0	102.0	66.0
Horticultural media	11.4	32.7	5.0	2.6	3.1	11.2	8.6	566.0	504.0	168.0	122.0
V:Pt:Pr=1:1:1 ^z	8.7	28.2	4.6	2.2	3.1	11.2	8.6	402.0	492.0	118.0	146.0

^z V: Vermiculite; Pt: Peatmoss; Pr: Perlite.



Fig. 2-2-1. Effect of various soil mixture on the growth of *Thalictrum uchiyamai*.

(2) 비료수준

플러그 트레이 육묘 시 비료수준에 따른 생육특성을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 자주평의다리에 있어서 무처리인 대조구에 비해 모든 처리에서 생육이 증가되는 결과를 나타내었다 (Table 2-2-2, Fig. 2-2-2). Hyponex 1000배액 처리에서 신초길이가 5.3cm, 엽수가 13.5개로 다른 처리에 비해 가장 증가되었다. 생체중 및 건물중에 있어서도 Hyponex 1000배액 처리가 가장 증가되는 결과를 보여주었다.

Table 2-2-2. Effect of fertilization levels on the growth of *Thalictrum uchiyamai*.

Fertilization level	Shoot length (cm)	No. of leaves	No. of petioles	Leaf size(cm)		Root length (cm)	No. of roots	Fresh wt(mg)		Dry wt(mg)	
				Length	Width			Shoot	Root	Shoot	Root
Control	4.3	9.8	3.3	1.0	1.3	12.0	4.7	370.0	326.0	116.0	84.0
× 500	4.5	11.6	3.8	1.2	1.4	11.1	8.1	534.0	442.0	146.0	112.0
× 1000	5.3	13.5	3.6	1.2	1.3	12.1	7.4	588.0	464.0	182.0	124.0
× 2000	4.9	10.8	3.7	1.1	1.4	12.5	5.0	424.0	392.0	130.0	108.0

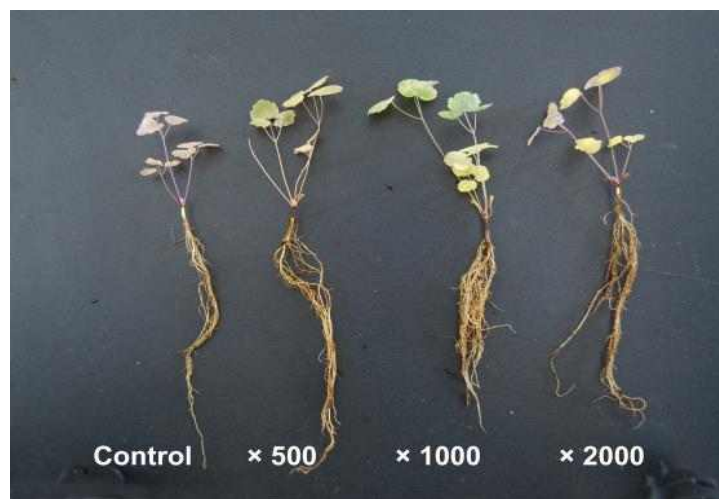


Fig. 2-2-2. Effect of fertilization levels on the growth of *Thalictrum uchiyamai*.

(3) 차광정도

플러그 트레이 육묘 시 차광율에 따른 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 자주평의다리는 55% 차광처리 시 신초길이가 6.4cm로 가장 증가되었으며, 그 다음으로 75% 차광처리가 4.9cm, 35% 차광처리가 4.2cm 순으로 나타났다(Table 2-2-3, Fig. 2-2-3).

Table 2-2-3. The effect of shading rate on the growth characteristics of *Thalictrum uchiyamai*.

Shading (%)	Shoot length (cm)	No. of leaves	No. of petioles	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of roots	Fresh wt (mg)		Dry wt (mg)	
				Length	Width			Shoot	Root	Shoot	Root
35	4.2	10.5	3.1	1.1	1.3	12.5	4.7	346.0	284.0	100.0	70.0
55	6.4	10.4	3.2	1.1	1.3	14.0	4.4	518.0	314.0	138.0	86.0
75	4.9	8.9	2.9	1.0	1.3	13.4	4.8	336.0	272.0	102.0	72.0

생체중 및 건물중에 있어서도 55% 차광처리 시 가장 증가되는 결과를 나타내었다. 자주평의 다리에 있어서는 55% 차광처리가 다른 처리에 비해서 전체적인 생육이 증가되는 결과를 보여주었다.



Fig. 2-2-3. Effect of shading rate on the growth of *Thalicttrum uchiyamai*.

3. 연잎평의다리(*Thalicttrum coreanum* H.Lev.) 육묘법 개발

가. 연구목적

연잎평의다리는 환경부 멸종위기식물 2급으로 지정되어 있는 식물로 잎이 연잎을 닮은 작고 예쁜 식물이다. 연잎평의다리는 미나리아재비과에 속하는 다년생 초본식물로서 꽃은 6월경 연한 자주색으로 핀다. 크기도 60cm 정도로 작게 자라고 비교적 어두운 반그늘의 습기가 많은 바위 주위와 같은 곳에서 잘 자란다. 꽃과 함께 잎의 관상가치가 뛰어난 식물로 그늘지고 습한 곳에 무리지어 심어도 좋고 크기가 작아 분화용, 화단용 및 조경용 식물로서 이용가치가 매우 높은 식물이다. 연잎평의다리에 관한 연구는 멸종위기식물로서 이용하기 어렵기 때문에 성분분석과 식생에 관한 연구만이 다소 이루어 졌으며 번식 및 재배에 관한 연구는 전무한 실정이다. 연잎평의다리가 멸종위기식물 목록에서 해제되기 위해서는 번식 및 재배와 같은 연구가 많이 이루어져야 할 것으로 사료된다. 따라서 연잎평의다리 육묘시 배양토 종류 및 차광정도가 육묘 성장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험을 실시하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 실험재료

실험에 사용된 종자는 경기도 용인시 소재 한택식물원에서 2013년 8월 13일에 채종한 후 9월 19일 무가온 비닐온실에 파종하여 2014년 발아한 묘중 균일한 개체들을 골라 7월 16일 각각의 처리에 맞게 이식하여 12주 후에 생육특성을 조사 하였다. 위 실험과 동일한 저면자동관수시설이 설치되어 있는 비닐하우스에서 실험을 실시하였다.

(2) 배양토종류

육묘 시 배양토종류에 따른 성장 특성을 알아보기 위하여 모래(Sand), 원예용 상토(Horticultural media, 대농상토 골드, 대농농자재), 버미큘라이트(Vermiculite, 버미누리, (주)지에프씨):피트모스(Peatmoss, Sunshine, Sun Gro Horticulture Canada Ltd., Canada):펄라이트(Perlite, 뉴필샤인 2호, (주)지에프씨)=1:1:1로 조제하여 3가지 배양토 종류로 128공 플러그 트레이에 채웠고, 35% 차광처리 하에서 실험하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

(3) 차광정도

평의다리속 식물은 비교적 산속이나 산기슭의 그늘진 곳에서 자라는 식물로 육묘 시 차광정도에 따른 성장정도를 알아보기 위하여 비닐온실 내에서 35, 55, 75% 차광구를 설치하여 실험하였다. 발아묘의 이식에 사용된 배양토는 원예용 상토로 128공 플러그 트레이에 채워 실험에 사용하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) 배양토종류

연잎평의다리에 있어서 원예용 상토 처리가 가장 생육이 증가되었으며 그 다음으로 V:Pt:Pr 처리가 생육이 증가되었고 모래 처리가 생육이 가장 저조 하였다. 원예용 상토와 V:Pt:Pr 처리에는 모두 피트모스가 혼합되어 있는데 피트모스는 전 세계적으로 분화 생산 시 가장 많이 사용하고 있으며, 보습성이 뛰어나 용토 내 수분을 유지시켜 주기 때문에 보습성이 없는 모래 처리 보다 생육이 좋았던 것으로 사료된다(Table 2-3-1, Fig. 2-3-1).

Table 2-3-1. Effect of various soil mixture on the growth characteristics of *Thalictrum coreanum*.

Soil mixtures	Shoot length (cm)	No. of leaves	No. of petioles	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of roots	Fresh wt (mg)		Dry wt (mg)	
				Length	Width			Shoot	Root	Shoot	Root
Sand	8.2	9.8	4.8	1.5	1.7	10.4	4.2	204.0	198.0	46.0	5.0
Horticultural media	10.8	10.4	4.6	1.9	2.4	9.9	6.0	35.0	284.0	80.0	66.0
V:Pt:Pr=1:1:1 ^z	10.8	10.0	5.2	2.0	2.4	11.0	5.4	318.0	256.0	68.0	58.0

^z V: Vermiculite; Pt: Peatmoss; Pr: Perlite.

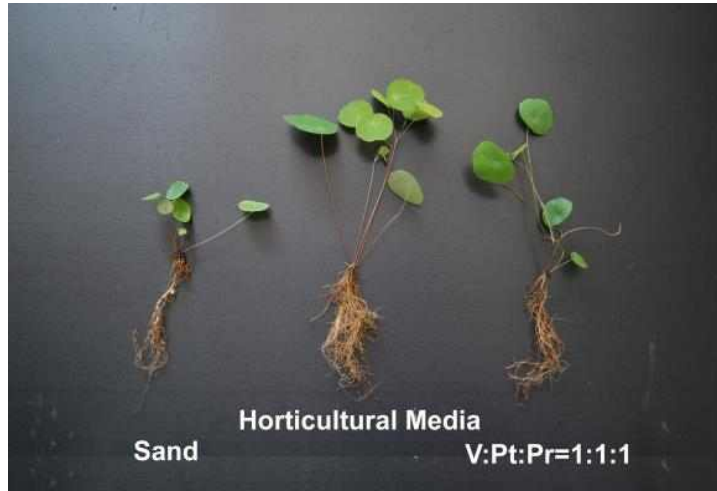


Fig. 2-3-1. Effect of various soil mixture on the growth of *Thalictrum coreanum*.

(2) 차광정도

플러그 트레이 육묘 시 차광율에 따른 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 35% 차광처리 시 다른 처리에 비해 전반적으로 생장이 가장 증가되는 결과를 보여주었으며, 55% 차광처리가 두 번째로 생육이 증가되었다(Table 2-3-2, Fig. 2-3-2). 신초길이에 있어서는 3처리 모두 큰 차이가 없었으나 잎의 크기 및 지상부와 지하부 무게에 있어서는 차이가 많이 났다. 35% 차광처리가 75% 차광처리에 비해 지상부와 지하부 무게가 두 배 이상 증가되었다. 자생지에서 연잎평의다리는 반그늘에서 주로 자라지만 육묘시 너무 높은 차광하에서 재배하면 도장하기 때문에 생육이 나빠지므로 주의가 필요하다.

Table 2-3-2. Effect of shading rate on the growth characteristics of *Thalictrum coreanum*.

Shading (%)	Shoot length (cm)	No. of leaves	No. of petioles	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of roots	Fresh wt (mg)		Dry wt (mg)	
				Length	Width			Shoot	Root	Shoot	Root
35	10.7	12.0	5.4	2.6	2.7	12.6	10.4	386.0	584.0	86.0	94.0
55	10.7	11.0	6.6	2.0	2.3	11.9	4.2	202.0	120.0	42.0	24.0
75	10.8	5.8	4.8	2.0	2.4	11.5	3.4	132.0	94.0	24.0	14.0



Fig. 2-3-2. Effect of shading rate on the growth of *Thalictrium coreanum*.

4. 바위미나리아재비(*Ranunculus crucilobus* H.Lev.) 육묘법 개발

가. 연구목적

바위미나리아재비는 미나리아재비과에 속하는 다년생 초본식물로서 5월에서 7월경 황색의 꽃이 핀다. 크기는 10cm 정도로 작으며 한라산과 같은 높은 고지의 풀밭에서 주로 자란다. 하지만 저지대 환경에서도 비교적 적응을 잘하고 꽃이 아름다우며 크기가 작아 분화용, 화단용 및 지피용 식물로서 이용하면 매우 좋다. 바위미나리아재비에 관한 연구는 분류학적인 연구만 다소 진행되었고 번식 및 재배에 관한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 정원 및 조경용 소재로서 이용가치가 높은 바위미나리아재비 육묘시 배양토 종류, 비료수준 및 차광정도가 육묘생장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험을 실시하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 실험재료

실험에 사용된 종자는 경기도 용인시 소재 한택식물원에서 2012년도와 2013년 7월부터 8월 초순까지 채종한 종자를 이용하였다. 배양토종류 실험은 2012년 채종한 종자를 무가온 비닐온실에 파종하여 2013년 발아한 묘를 1년간 균일하게 키운 후 2014년 3월 27일 각각의 처리에 맞게 이식하여 16주 후에 생육특성을 조사하였으며, 비료수준 및 차광정도 실험은 2013년 채종한 종자를 2013년 8월 23일에 무가온 비닐온실에 파종하여 2014년 발아한 묘중 균일한 개체들을 골라 3월 29일 각각의 처리에 맞게 이식하여 10주 후에 생육특성을 조사 하였다. 위 실험과 동일한 저면자동관수시설이 설치되어 있는 비닐하우스에서 실험을 실시하였다.

(2) 배양토종류

육묘 시 배양토종류에 따른 생장 특성을 알아보기 위하여 모래(Sand), 원예용 상토(Horticultural media, 대농상토 골드, 대농농자재), 버미큘라이트(Vermiculite, 버미누리, (주)지에프씨), 버미큘라이트:피트모스(Peatmoss, Sunshine, Sun Gro Horticulture Canada Ltd.,

Canada):펄라이트(Perlite, 뉴펄샤인 2호, (주)지에프씨)=1:1:1로 조제하여 4가지 배양토 종류로 50공 플러그 트레이에 채웠으며, 35% 차광처리 하에서 실험하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

(3) 비료수준

육묘 시 비료농도에 따른 성장 특성을 알아보기 위하여 무시비를 대조구로 하여 Hyponex (N:P:K=6:10:5, Hyponex Japan, Osaka, Japan)를 500, 1,000, 2,000배로 희석하여 일주일에 한번씩 생육 전기간 동안 관주 처리하였다. 발아묘의 이식에 사용된 배양토는 원예용 상토로 128공 플러그 트레이에 채웠으며 35% 차광처리 하에서 실험하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

(4) 차광정도

바위미나리아재비는 주로 고산지대의 양지에서 자라는 식물로 저지대에서 육묘 시 차광정도에 따른 성장정도를 알아보기 위하여 비닐온실 내에서 35, 55, 75% 차광구를 설치하여 실험하였다. 발아묘의 이식에 사용된 배양토는 원예용 상토로 128공 플러그 트레이에 채워 실험에 사용하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) 배양토종류

바위미나리아재비는 V:Pt:Pr 처리 시 초장이 12.0cm로 가장 증가되었으며, 그 다음으로 원예용 상토가 초장이 증가되는 결과를 나타내었으며 질석 처리 시 초장이 가장 짧았다(Table 2-4-1, Fig. 2-4-1). 엽수는 원예용 상토 처리가 가장 증가되었으나 엽장 및 엽폭에 있어서는 V:Pt:Pr 처리가 가장 증가되었다. 지상부 및 지하부 생체중에 있어서는 V:Pt:Pr 처리가 각각 5.23g, 5.81g으로 가장 증가되었고 그 다음으로 원예용 상토 처리 순 이었다. 질석 처리는 다른 처리에 비해 모든 생육이 감소되는 결과를 나타내었는데 바위미나리아재비 재배 용토로 적합하지 않은 것을 알 수 있었다.

Table 2-4-1. Effect of various soil mixture on the growth characteristics of *Ranunculus crucilobus*.

Soil mixtures	Shoot length (cm)	No. of leaves	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of roots	Fresh wt (g)		Dry wt (g)	
			Length	Width			Shoot	Root	Shoot	Root
Sand	10.2	17.4	3.9	5.2	11.4	54.0	4.76	5.68	0.84	0.96
Horticultural media	11.8	17.6	3.7	4.9	15.2	55.8	5.12	5.65	1.07	0.99
Vermiculite	9.2	12.4	3.1	4.7	13.7	47.2	2.65	3.03	0.40	0.49
V:Pt:Pr=1:1:1 ^z	12.0	14.0	4.2	5.6	15.4	48.0	5.23	5.81	0.89	1.05

^z V: Vermiculite; Pt: Peatmoss; Pr: Perlite.

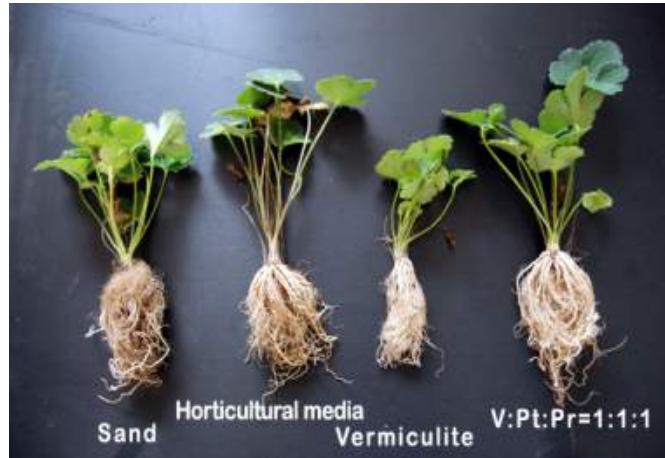


Fig. 2-4-1. Effect of various soil mixture on the growth of *Ranunculus crucilobus*.

(2) 비료수준

플러그 트레이 육묘 시 비료수준에 따른 생육특성을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 무처리인 대조구에 비해 모든 처리에서 생육이 증가되는 결과를 나타내었다(Table 2-4-2, Fig. 2-4-2). 특히, Hyponex 1000배 및 2000배액 처리에서 다른 처리에 비해 전반적인 생육이 증가되었으며 두 처리 간에는 생육이 크게 차이가 나지 않았다. Hyponex 500배액 처리는 Hyponex 1000배 및 2000배액 처리에 비해 고농도로 바위미나리아재비 육묘 생장에 있어서는 생육을 감소시키는 결과를 나타내었다.

Table 2-4-2. Effect of fertilization levels on the growth characteristics of *Ranunculus crucilobus*.

Fertilization level	Shoot length (cm)	No. of leaves	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of roots	Fresh wt (mg)		Dry wt (mg)	
			Length	Width			Shoot	Root	Shoot	Root
Control	8.8	4.4	2.3	3.2	7.0	6.6	575.0	197.5	75.0	18.8
× 500	11.3	4.5	2.9	3.7	9.4	8.9	1,126.3	391.3	120.0	33.8
× 1000	12.9	4.8	3.6	4.7	11.0	9.9	1,836.3	642.3	217.5	57.5
× 2000	13.3	5.0	3.5	4.7	9.9	10.6	1,828.8	678.8	223.8	58.8



Fig. 2-4-2. Effect of fertilization levels on the growth of *Ranunculus crucilobus*.

(3) 차광정도

플러그 트레이 육묘 시 차광율에 따른 바위미나리아재비 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 35% 차광처리 시 신초길이가 11.3cm로 다른 처리에 비해 가장 증가되었다(Table 2-4-3, Fig. 2-4-3). 엽수 및 잎의 크기에 있어서도 35% 차광처리가 가장 생육이 증가되는 결과를 나타내었다. 생체중 및 건물중에 있어서도 35% 차광처리 시 가장 증가되는 결과를 나타내었는데 다른 처리에 비해 두배 이상 증가되었다. 바위미나리아재비는 고산지대의 양지에 자생하는 식물로 육묘 재배 시에도 50%이상의 차광처리는 생육에 좋지 않은 것을 알 수 있었다.

Table 2-4-3. The effect of shading rate on the growth characteristics of *Ranunculus crucilobus*.

Shading (%)	Shoot length (cm)	No. of leaves	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of roots	Fresh wt (mg)		Dry wt (mg)	
			Length	Width			Shoot	Root	Shoot	Root
35	11.3	4.8	2.9	4.0	9.3	9.4	1,078.8	417.5	121.3	33.8
55	6.6	3.6	1.4	1.7	5.8	4.0	191.3	50.0	16.3	3.8
75	6.8	2.4	1.2	1.6	5.2	2.0	101.3	26.3	8.8	2.5



Fig. 2-4-3. Effect of shading rate on the growth of *Ranunculus crucilobus*.

5. 매발톱꽃(*Aquilegia buergeriana* var. *oxysepala*) 육묘법 개발

가. 연구목적

매발톱꽃은 미나리아재비과에 속하는 다년생 초본식물로서 5월에서 7월경 노란빛이 도는 자주색으로 가지 끝에서 밑으로 달린다. 우리나라 전국에서 자라며 계곡과 양지바른 풀밭에서 자란다. 매의 발톱을 닮은 꽃이 아름다워 분화용, 화단용 및 조경용 식물로서 이용하면 매우 좋다. 해외에서는 다양한 원예품종들이 개발되어 이용되고 있다. 정원 및 조경소재로서 이용가치가 높은 매발톱꽃 육묘 시 배양토 종류, 비료수준 및 차광정도가 육묘생장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험을 실시하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 실험재료

실험에 사용된 종자는 경기도 용인시 소재 한택식물원에서 2013년 8월부터 9월 초순까지 채종한 종자를 이용하였다. 채종 후 4℃ 저온저장고에 보관하였다가 2014년 4월 11일 무가운 비닐온실에 과종하여 발아한 균일한 묘를 각각의 처리에 맞게 실험을 실시하였고 16주 후에 생육특성을 조사 하였다. 위 실험과 동일한 저면자동관수시설이 설치되어 있는 비닐하우스에서 실험을 실시하였다.

(2) 배양토종류

육묘 시 배양토종류에 따른 성장 특성을 알아보기 위하여 모래(Sand), 원예용 상토(Horticultural media, 대농상토 골드, 대농농자재), 버미큘라이트:피트모스(Peatmoss, Sunshine, Sun Gro Horticulture Canada Ltd., Canada):펄라이트(Perlite, 뉴필샤인 2호, (주)지에프씨)=1:1:1로 조제하여 3가지 배양토 종류로 128공 플러그 트레이에 채웠으며, 35% 차광처리 하에서 실험하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

(3) 비료수준

육묘 시 비료농도에 따른 생장 특성을 알아보기 위하여 무시비를 대조구로 하여 Hyponex (N:P:K=6:10:5, Hyponex Japan, Osaka, Japan)를 500, 1,000, 2,000배로 희석하여 일주일에 한 번씩 생육 전기간 동안 관주 처리하였고 35% 차광처리 하에서 실험하였다. 발아묘의 이식에 사용된 배양토는 원예용 상토로 128공 플러그 트레이에 채워 실험에 사용하였으며 처리 당 10 개체씩 3반복으로 처리하였다.

(4) 차광정도

육묘 시 차광정도에 따른 생장정도를 알아보기 위하여 비닐온실 내에서 35, 55, 75% 차광구를 설치하여 실험하였다. 발아묘의 이식에 사용된 배양토는 원예용 상토로 128공 플러그 트레이에 채워 실험에 사용하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) 배양토종류

매발톱꽃은 원예용 상토 처리 시 다른 처리에 비해 생육이 가장 증가되었으며 모래처리가 생육이 가장 억제 되었다. 원예용 상토 처리 시 초장은 7.4cm로 가장 증가되었으며 그 다음으로 V:Pt:Pr 처리 시 6.1cm로 증가되었다(Table 2-5-1, Fig. 2-5-1). 엽수, 엽장 및 엽폭에 있어서도 원예용 상토 처리가 가장 증가되었고 그 다음으로 V:Pt:Pr 처리가 증가되었다. 생체중 및 건물중에 있어서 원예용 상토 처리 시 지상부 생육이 가장 증가되었으나 지하부 생육은 V:Pt:Pr 처리가 가장 증가되는 결과를 나타내었다.

Table 2-5-1. Effect of various soil mixture on the growth characteristics of *Aquilegia buergeriana* var. *oxysepala*.

Soil mixtures	Shoot length (cm)	No. of leaves	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of roots	Root diameter (cm)	Fresh wt (mg)		Dry wt (mg)	
			Length	Width				Shoot	Root	Shoot	Root
Sand	4.6	10.2	0.9	1.1	9.1	3.6	0.1	64.0	38.0	11.6	10.2
Horticultural media	7.4	13.1	1.8	2.2	9.6	6.8	0.2	207.5	108.8	49.5	19.3
V:Pt:Pr=1:1:1 ^z	6.1	12.1	1.2	1.4	10.4	6.0	0.2	132.9	120.0	27.3	22.0

^z V: Vermiculite; Pt: Peatmoss; Pr: Perlite.

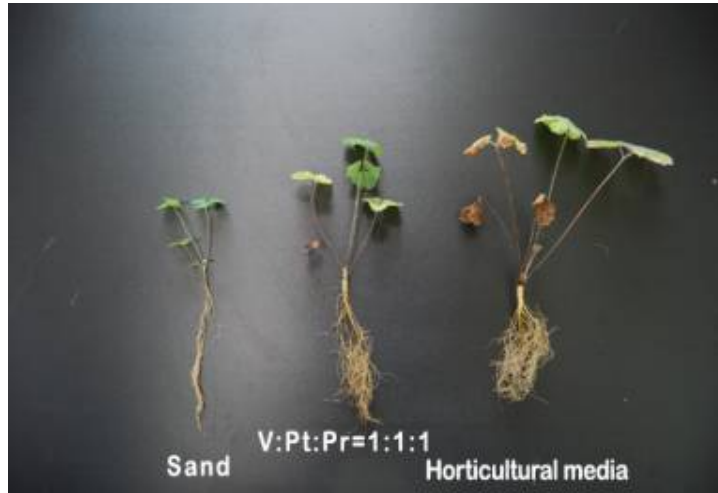


Fig. 2-5-1. Effect of various soil mixture on the growth of *Aquilegia buergeriana* var. *oxysepala*.

(2) 비료수준

플러그 트레이 육묘 시 비료수준에 따른 생육특성을 알아보기 위한 실험결과를 보면 다음과 같다.

Table 2-5-2. Effect of fertilization levels on the growth characteristics of *Aquilegia buergeriana* var. *oxysepala*.

Fertilization level	Shoot length (cm)	No. of leaves	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of roots	Root diameter (cm)	Fresh wt (mg)		Dry wt (mg)	
			Length	Width				Shoot	Root	Shoot	Root
Control	7.8	17.0	1.7	2.3	10.6	6.0	0.3	352.0	456.0	113.8	104.8
× 500	12.6	18.6	2.5	3.2	14.4	7.4	0.4	844.0	560.0	304.0	126.6
× 1000	9.5	18.0	2.0	2.9	10.0	7.0	0.4	530.0	524.0	152.8	95.0
× 2000	9.4	15.0	1.6	2.5	10.3	5.4	0.3	338.0	284.0	101.4	59.2

Hyponex 500배액 처리가 전체적인 생육이 가장 증가되었으며 그 다음으로 Hyponex 1000배액 처리가 증가되었다. Hyponex 500배액 처리 시 초장이 12.6cm로 가장 증가되었으며 그 다음으로 Hyponex 1000배액 처리가 9.5cm로 증가되었다. 지상부 및 지하부 생체중에 있어서도 Hyponex 500배액 처리 시 각각 844mg, 560mg으로 가장 증가되는 결과를 나타내었다. 매발톱꽃의 유묘생장에 있어서는 Hyponex 500배액 처리가 생육을 가장 증가시키는 것으로 나타내었다(Table 2-5-2, Fig. 2-5-2).



Fig. 2-5-2. Effect of fertilization levels on the growth of *Aquilegia buergeriana* var. *oxysepala*.

(3) 차광정도

플러그 트레이 육묘 시 차광율에 따른 매발톱꽃 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 55% 차광처리 시 신초길이가 9.63cm로 다른 처리에 비해 가장 증가되었으며 그 다음으로 35% 차광처리 시 8.7cm로 증가되었다(Table 2-5-3, Fig. 2-5-3). 엽수에 있어서는 35%처리 시 16.0개로 가장 증가되는 결과를 나타내었으며 엽장과 엽폭에 있어서는 55%처리가 35%처리에 비해 다소 증가되는 결과를 나타내었다. 지하부 생육에 있어서는 35%처리가 55% 차광처리보다 다소 증가되는 결과를 나타내었다.

Table 2-5-3. The effect of shading rate on the growth characteristics of *Aquilegia buergeriana* var. *oxysepala*.

Shading (%)	Shoot length (cm)	No. of leaves	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of roots	Root diameter (cm)	Fresh wt (mg)		Dry wt (mg)	
			Length	Width				Shoot	Root	Shoot	Root
35	8.7	16.0	1.6	2.0	10.7	7.0	0.2	163.3	196.7	42.3	31.3
55	9.6	10.8	1.7	2.1	10.2	6.2	0.2	106.0	82.0	15.6	12.6
75	7.5	11.3	0.9	1.2	7.1	3.5	0.1	90.0	37.5	9.3	4.0

지상부와 지하부의 생체중 및 건물중에 있어서는 35% 차광처리가 다른 처리에 비해서 월등히 증가되는 결과를 나타내었다. 55%처리는 매발톱꽃 유묘의 생육에 있어서 다소 웃자라게 하기 때문에 35% 차광처리가 유묘의 생육에 있어서 가장 좋을 것으로 사료된다. 75%처리는 잎의 크기도 작고 뿌리의 생육도 불량하여 전체적인 생육이 나빠지는 것으로 나타났다.



Fig. 2-5-3. Effect of shading rate on the growth of *Aquilegia buergeriana* var. *oxyssepala*.

6. 동강할미꽃(*Pulsatilla tongkangensis*) 육묘법 개발

가. 연구목적

동강할미꽃은 미나리아재비과에 속하는 다년생 초본식물로서 강원도 동강 근처의 바위틈에서 주로 자라는 우리나라에서만 자라는 한국특산식물이다. 4월경 청보라색 또는 붉은 자주색의 꽃을 피우며 키는 15cm 정도 자란다. 꽃이 아름다워 자생지에서는 무분별한 채취로 개체수가 감소하고 있어 보전이 필요한 식물이다. 식물의 크기가 작고 꽃도 아름다워 분화용, 화단용 및 조경용 식물로서 이용하면 매우 좋다. 해외에서는 다양한 할미꽃 원예품종들이 개발되어 이용되고 있다. 동강할미꽃에 대한 연구는 형태 및 분류학적인 연구만 다소 진행되었고 번식 및 재배에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 육묘시 배양토 종류, 비료수준 및 차광정도가 육묘 성장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험을 실시하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 실험재료

실험에 사용된 종자는 2012년 5월 강원도 정선에서 채종하였으며 5℃ 저온저장고에서 저장하다가 2014년 3월 14일 무가온 비닐온실에 과중하여 발아한 묘종 균일한 개체들을 골라 6월 26일 각각의 처리에 맞게 이식하여 14주 후에 생육특성을 조사 하였다. 위 실험과 동일한 저면 자동관수시설이 설치되어 있는 비닐하우스에서 실험을 실시하였다.

(2) 배양토종류

육묘 시 배양토종류에 따른 성장 특성을 알아보기 위하여 모래(Sand), 펄라이트(Perlite, 뉴 펄샤인 2호, (주)지에프씨), 원예용 상토(Horticultural media, 대농상토 골드, 대농농자재), 버미쿨라이트:피트모스(Peatmoss, Sunshine, Sun Gro Horticulture Canada Ltd., Canada):펄라이트=1:1:1로 조제하여 4가지 배양토 종류로 128공 플러그 트레이에 채웠으며, 35% 차광처리 하에서 실험하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

(3) 비료수준

육묘 시 비료농도에 따른 생장 특성을 알아보기 위하여 무시비를 대조구로 하여 Hyponex (N:P:K=6:10:5, Hyponex Japan, Osaka, Japan)를 500, 1,000배로 희석하여 일주일에 한 번씩 생육 전기간 동안 관주 처리하였고 35% 차광처리 하에서 실험하였다. 발아묘의 이식에 사용된 배양토는 원예용 상토로 128공 플러그 트레이에 채워 실험에 사용하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

(4) 차광정도

육묘 시 차광정도에 따른 생장정도를 알아보기 위하여 비닐온실 내에서 35, 55, 75% 차광구를 설치하여 실험하였다. 발아묘의 이식에 사용된 배양토는 원예용 상토로 128공 플러그 트레이에 채워 실험에 사용하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) 배양토종류

동강할미꽃은 강원도 동강 근처의 석회암지대와 같은 척박한 토양에서도 잘 적응하고 살고 있는 식물이다. 전반적으로 보았을 때 펄라이트 처리를 제외하고 모든 처리에서 비교적 생육이 비슷하게 나타났는데 그 중 모래 처리에서 생육이 다소 증가되는 결과를 나타내었다. 신초길이에 있어서 모래가 5.6cm로 가장 길었고 원예용 상토와 V:Pt:Pr 처리가 같이 5.5cm로 나타났는데 유의성은 없었다(Table 2-6-1, Fig. 2-6-1).

Table 2-6-1. Effect of various soil mixture on the growth characteristics of *Pulsatilla tongkangensis*.

Soil mixtures	Shoot length (cm)	No. of leaves	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of roots	Root diameter (cm)	Fresh wt (mg)		Dry wt (mg)	
			Length	Width				Shoot	Root	Shoot	Root
Sand	5.6	4.8	2.7	4.1	10.8	5.0	0.2	376.0	384.0	94.8	83.8
Perlite	3.3	3.6	1.7	2.1	9.1	3.2	0.1	128.0	72.0	28.4	17.0
Horticultural media	5.5	4.6	2.7	3.8	12.8	5.4	0.2	374.0	396.0	72.8	84.4
V:Pt:Pr=1:1:1 ^z	5.5	3.8	2.4	3.0	12.6	4.8	0.2	386.0	334.0	57.4	75.6

^z V: Vermiculite; Pt: Peatmoss; Pr: Perlite.

다른 대상 식물과는 달리 동강할미꽃이 척박한 바위와 같은 곳에서도 잘 자라는 식물이기 때문에 모래 처리에서도 생육이 좋았던 것으로 사료된다. 그러나 육묘 시 배양용토로 모래를 이용하면 보습성이 거의 없어 자주 관수해야하고 플러그 트레이의 무게가 많이 나가기 때문에 원예용 상토를 이용하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

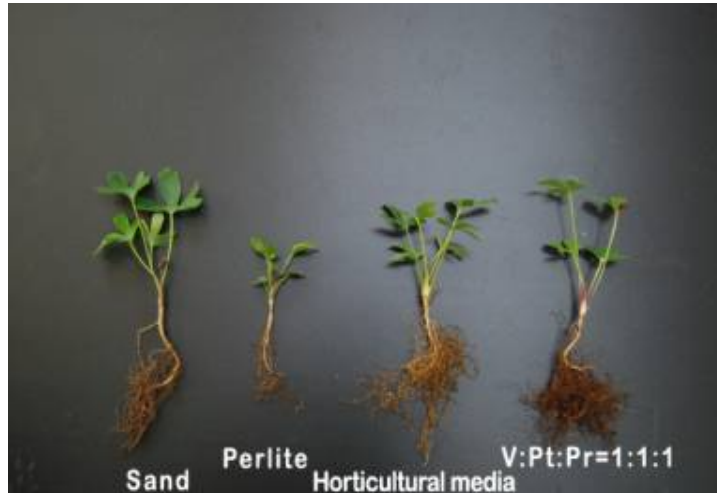


Fig. 2-6-1. Effect of various soil mixture on the growth of *Pulsatilla tongkangensis*.

(2) 비료수준

플러그 트레이 육묘 시 비료수준에 따른 생육특성을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 무처리에 비해 모든 처리에서 생육이 증가되는 결과를 나타내었다(Table 2-6-2, Fig. 2-6-2). Hyponex 500배액 처리 시 신초길이 및 엽수, 뿌리길이가 각각 4.7cm, 4.2개, 14.6cm로 다른 처리에 비해 가장 증가되는 결과를 나타내었고 그 다음으로 Hyponex 1000배액 처리가 생육이 증가되는 결과를 나타내었다. 생체중 및 건물중에 있어서는 Hyponex 1000배액 처리가 가장 증가되는 결과를 나타내었다.

Table 2-6-2. Effect of fertilization levels on the growth characteristics of *Pulsatilla tongkangensis*.

Fertilization level	Shoot length (cm)	No. of leaves	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of roots	Root diameter (cm)	Fresh wt (mg)		Dry wt (mg)	
			Length	Width				Shoot	Root	Shoot	Root
Control	3.4	3.2	1.5	2.0	10.0	3.0	0.12	80.0	54.0	20.2	18.0
× 500	4.7	4.2	2.1	2.7	14.6	4.4	0.18	190.0	118.0	39.0	35.0
× 1000	4.1	4.0	2.2	3.0	12.7	5.0	0.18	264.0	174.0	56.0	45.4



Fig. 2-6-2. Effect of fertilization levels on the growth of *Pulsatilla tongkangensis*.

(3) 차광정도

플러그 트레이 육묘 시 차광율에 따른 동강할미꽃 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 35% 차광처리 시 신초길이가 4.8cm로 다른 처리에 비해 작았는데 이는 차광율이 높아짐에 따라 도장해서 길이가 증가된 것으로 사료된다(Table 2-6-3). 신초길이를 제외하고는 35% 차광처리가 다른 처리에 비해 모든 생육이 증가되는 결과를 나타내었다. 엽수도 35% 차광처리가 4.0개로 가장 증가되었고 그 다음으로 55% 차광처리가 3.5개로 증가되었으며 75% 차광처리가 가장 좋지 않았다. 특히 생체중 및 건물중에 있어서 다른 처리에 비해 35% 차광처리가 가장 증가되는 결과를 나타내었다. 차광율이 높아질수록 식물체는 도장하여 생육이 저조해지는 것을 알 수 있었다. 따라서 동강할미꽃 육묘 재배시 35% 차광 하에서 재배하면 생육이 가장 좋을 것으로 사료된다.

Table 2-6-3. The effect of shading rate on the growth of *Pulsatilla tongkangensis*.

Shading (%)	Shoot length (cm)	No. of leaves	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of roots	Root diameter (cm)	Fresh wt (mg)		Dry wt (mg)	
			Length	Width				Shoot	Root	Shoot	Root
35	4.8	4.1	1.7	2.2	16.9	7.1	0.2	121.1	85.6	28.9	24.4
55	6.0	3.5	1.3	1.7	13.7	4.3	0.1	73.3	31.7	13.3	6.7
75	6.0	3.2	1.2	1.8	11.5	4.0	0.1	64.0	28.0	10.0	8.0

7. 처녀치마(*Heloniopsis koreana*) 육묘법 개발

가. 연구목적

처녀치마는 백합과에 속하는 숙근성 다년초로서 부엽이 두텁게 쌓여 비옥하고 습윤한 낙엽수림 밑에 자란다. 4월부터 아름다운 적자색의 꽃이 피기 시작하고 개화기간이 길며, 잎이 상록성이기 때문에 관상가치가 높아 남획에 의해 자생지에서도 개체수가 점차 줄고 있다. 처녀치마는 상록성으로 화분에 심어 감상할 수 있고 정원용 관상식물이나, 조경용 소재로서도 이용이 가능하다. 처녀치마에 관한 연구는 성분분석과 식생에 관한 연구가 다소 진행되었지만 번식 및 재배에 관한 연구는 조직배양에 관한 연구만이 진행되어 왔고 육묘에 관한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 육묘시 비료수준 및 차광정도가 육묘생장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험을 실시하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 실험재료

실험에 사용된 종자는 경기도 용인시 소재 한택식물원에서 2013년 5월경 채종하였으며 무가온 비닐온실에 파종하여 2014년 발아한 묘중 균일한 개체들을 골라 6월 26일 각각의 처리에 맞게 이식하여 16주 후에 생육특성을 조사 하였다. 위 실험과 동일한 저면자동관수시설이 설치되어 있는 비닐하우스에서 실험을 실시하였다.

(2) 비료수준

육묘 시 비료농도에 따른 성장 특성을 알아보기 위하여 무시비를 대조구로 하여 Hyponex (N:P:K=6:10:5, Hyponex Japan, Osaka, Japan)를 500, 1,000배로 희석하여 일주일에 한 번씩 생육 전기간 동안 관주 처리하였고 35% 차광처리 하에서 실험하였다. 발아묘의 이식에 사용된 배양토는 원예용 상토로 128공 플러그 트레이에 채워 실험에 사용하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

(3) 차광정도

육묘 시 차광정도에 따른 성장정도를 알아보기 위하여 비닐온실 내에서 35, 55, 75% 차광구를 설치하여 실험하였다. 발아묘의 이식에 사용된 배양토는 원예용 상토로 128공 플러그 트레이에 채워 실험에 사용하였으며 처리 당 10개체씩 3반복으로 처리하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) 비료수준

플러그 트레이 육묘 시 비료수준에 따른 생육특성을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 무처리에 비해 모든 처리에서 생육이 증가되는 결과를 나타내었다(Table 2-7-1, Fig. 2-7-1). 그 중 Hyponex 1000배액 처리 시 다른 처리에 비해 생육이 가장 증가되었다. Hyponex 1000배액 처리 시 신초길이는 2.2cm로 대조구와 비교해볼 때 두 배 이상 증가되었고 그 다음으로 Hyponex 500배액 처리가 2.0cm로 나타내었다. 지상부 생체중에 있어서 Hyponex 1000배액 처리가 53.6mg으로 대조구의 5.4mg과 비교하여 10배 정도 차이가 났다. 처녀치마는 발아 후 육묘의 크기가 매우 작고 성장이 늦은 식물로 육묘 재배 시 주의가 필요한 식물이다. 따라서 처

너치마의 육묘 시 반드시 시비처리를 하는 것이 생육이 증가되고 묘소질도 우수해지는 것을 알 수 있었으며 Hyponex 1000배액 처리가 가장 좋은 결과를 보여주었다.

Table 2-7-1 Effect of fertilization levels on the growth characteristics of *Heloniopsis koreana*.

Fertilization level	Shoot length (cm)	No. of leaves	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of roots	Fresh wt (mg)		Dry wt (mg)	
			Length	Width			Shoot	Root	Shoot	Root
Control	0.3	7.0	0.6	0.2	5.1	4.4	5.4	3.4	1.0	0.8
× 500	0.8	10.0	1.0	0.4	5.4	7.6	31.0	7.6	5.0	1.4
× 1000	0.9	11.0	1.1	0.6	7.5	7.6	53.6	25.4	7.8	4.2
× 2000	0.5	8.4	0.9	0.4	6.5	5.4	29.6	12.4	4.6	2.2



Fig. 2-7-1. Effect of fertilization levels on the growth of *Heloniopsis koreana*.

(2) 차광정도

플러그 트레이 육묘 시 차광율에 따른 처너치마 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 55% 차광처리 시 신초길이가 0.78cm로 다른 처리에 비해 가장 증가되었으며 엽수, 엽장 및 엽폭도 증가되는 결과를 나타내었다(Table 2-7-2, Fig. 2-7-2). 35% 차광처리시 엽수, 뿌리수, 뿌리길이, 생체중 및 건물중이 75% 차광처리와 비교해볼 때 증가되었고 엽장은 감소한 것으로 나타났는데 이는 75% 차광처리의 엽장이 증가된 것은 높은 차광율로 인하여 잎이 도장하였기 때문이다. 처너치마의 생육환경이 습윤하고 반그늘진 낙엽수림 하인 것을 감안하여 보면 육묘 생육에 있어서 35% 차광은 육묘의 생육을 느리게 하였으며 75% 차광은 육묘를 도장시키므로 55% 차광이 생육에 가장 좋은 조건인 것을 알 수 있었다.

Table 2-7-2. The effect of shading rate on the growth characteristics of *Heloniopsis koreana*.

Shading (%)	Shoot length (cm)	No. of leaves	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of roots	Fresh wt (mg)		Dry wt (mg)	
			Length	Width			Shoot	Root	Shoot	Root
35	0.3	5.4	0.5	0.2	4.1	3.4	4.8	3.0	0.6	0.6
55	0.7	7.2	0.9	0.4	5.4	5.1	12.2	5.8	1.6	1.0
75	0.3	4.8	0.9	0.2	2.6	3.0	4.6	1.4	0.6	0.4



Fig. 2-7-2. Effect of shading rate on the growth of *Heloniopsis koreana*.

8. 헬레보루스(*Helleborus orientalis* Lam.) 육묘법 개발

가. 연구목적

헬레보루스는 미나리아재비과에 속하는 속근성 다년초로서 유럽이 원산인 식물이다. 우리나라에서는 2월에서 4월경 개화한다. 헬레보루스는 원예용 또는 절화용으로 이용하고 있다. 뿌리는 굵고 뿌리에서 잎이 바로 나오며 추위에는 강하지만 더위에는 약해 주로 낙엽관목 하에 식재한다. 우리나라에서 상록으로 정원 및 조경용 소재식물로서 인기를 얻고 있는 헬레보루스의 육묘 시 차광정도가 육묘생장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험을 실시하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 실험재료

실험에 사용된 종자는 경기도 용인시 소재 한택식물원에서 2013년 5월경 채종하였으며 무가 온 비닐온실에 파종하여 2014년 발아한 묘중 균일한 개체들을 골라 3월 26일 처리에 맞게 이

식하여 10주 후에 생육특성을 조사 하였다. 위 실험과 동일한 저면자동관수시설이 설치되어 있는 비닐하우스에서 실험을 실시하였다.

(2) 차광정도

육묘 시 차광정도에 따른 성장정도를 알아보기 위하여 비닐온실 내에서 35, 55, 75% 차광구를 설치하여 실험하였다. 발아묘의 이식에 사용된 배양토는 원예용 상토로 128공 플러그 트레이에 채워 실험에 사용하였으며 처리 당 8개체씩 3반복으로 처리하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) 차광정도

플러그 트레이 육묘 시 차광율에 따른 헬레보루스 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 35% 차광처리 시 신초길이가 5.6cm, 엽수가 5.4개로 가장 증가되었다(Table 2-8-1, Fig. 2-8-1). 그 다음으로 75% 차광처리가 신초길이 5.0cm로 증가되었는데 이는 높은 차광율로 인하여 도장하였기 때문에 55% 차광처리 보다 신초길이가 증가된 것이다. 생체중 및 건물중에 있어서도 35% 차광처리가 가장 증가되었으며 그 다음으로 55%, 75% 순으로 나타났다. 이 실험 결과 헬레보루스의 육묘 생장에 있어서 35% 차광은 육묘의 생육에 가장 좋은 차광 조건인 것을 알 수 있었다.

Table 2-8-1. The effect of shading rate on the growth of *Helleborus orientalis*.

Shading (%)	Shoot length (cm)	No. of leaves	Leaf size (cm)		Root length (cm)	No. of roots	Fresh wt (mg)		Dry wt (mg)	
			Length	Width			Shoot	Root	Shoot	Root
35	5.6	5.4	2.6	1.6	10.1	10.4	401.0	211.0	74.0	29.0
55	4.5	5.1	2.0	1.3	9.6	6.5	216.0	101.0	35.0	10.0
75	5.0	3.0	1.9	1.1	10.4	4.3	153.0	72.0	21.0	7.0

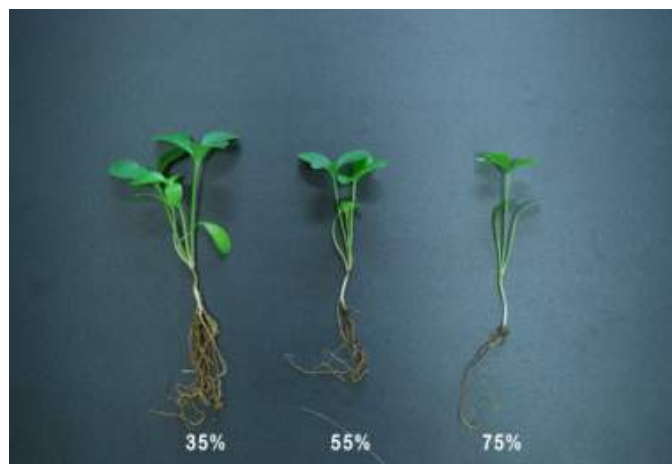


Fig. 2-8-1. Effect of shading rate on the growth of *Helleborus orientalis*.

9. 얼레지(*Erythronium japonicum*) 육묘법 개발

가. 연구목적

얼레지는 백합과에 속하는 속근성 다년초로서 전국의 깊은 산속의 비옥한 땅에서 자란다. 줄기가 없고 잎이 뿌리에서 바로 나오며 꽃은 4월경 자주색으로 아래를 향해 달린다. 꽃이 무척 아름답기 때문에 자생지에서는 남획될 우려가 높은 식물이다. 자주색 꽃이 아름다워 분화로서 개발하여도 좋으며 정원 및 화단의 낙엽수림 하부에 식재하여도 좋다. 얼레지에 관한 연구는 대부분 성분 분석에 대한 연구가 이루어져 왔으며 번식에 있어서는 조직배양을 이용한 번식 연구가 주로 연구되어져 왔다. 얼레지는 과종 후 개화까지 5년 이상이 걸리기 때문에 최대한 빠르게 개화주로 만들 수 있는 연구가 필요하다. 따라서 얼레지 육묘 시 차광정도가 육묘생장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험을 실시하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 실험재료

실험에 사용된 종자는 경기도 용인시 소재 한택식물원에서 2013년 5월경 채종하였으며 무가온 비닐온실에 과종하여 2014년 발아한 묘중 균일한 개체들을 골라 3월 26일 처리에 맞게 이식하여 10주 후 지상부가 휴면에 들어간 후 인경을 굴취하여 생육특성을 조사 하였다. 위 실험과 동일한 저면자동관수시설이 설치되어 있는 비닐하우스에서 실험을 실시하였다.

(2) 차광정도

육묘 시 차광정도에 따른 성장정도를 알아보기 위하여 비닐온실 내에서 35, 55, 75% 차광구를 설치하여 실험하였다. 얼레지는 백합과 구근식물로서 자라면서 인경이 지하로 깊이 들어가는 특성을 가지고 있다. 따라서 얼레지의 습성을 고려하여 발아묘의 이식 시 플러그 트레이보다는 깊이가 깊은 직경 13cm, 높이 12cm인 플라스틱 포트에 원예용 상토를 채워 실험에 사용하였으며 처리 당 5개체씩 3반복으로 처리하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) 차광정도

육묘 시 차광율에 따른 얼레지 생육을 알아보기 위한 실험결과를 보면, 75% 차광처리 시 인경의 길이가 1.3cm, 폭이 0.3cm로 가장 증가되었으며 그 다음으로 55% 차광처리가 1.2cm, 폭이 0.3cm로 증가되었다(Table 2-9-1, Fig. 2-9-1). 인경의 무게에 있어서는 55% 차광처리시 생체중이 51.4mg으로 가장 증가되었으며 그 다음으로 75% 차광처리가 50.0mg으로 증가되었다. 35% 차광처리 시 생육이 가장 저조하였는데 이는 얼레지의 생육환경이 반그늘의 깊은 산속에서 주로 자라기 때문에 낮은 차광율에서는 생육이 좋지 않은 것으로 사료된다. 따라서 얼레지의 육묘 생장에 있어서는 55-75% 차광이 육묘의 생육에 가장 좋은 차광 조건인 것을 알 수 있었다.

Table 2-9-1. The effect of shading rate on the growth characteristics of *Erythronium japonicum*

Shading (%)	Bulb size(cm)		Bulb wt(mg)	
	Length	Width	Fresh	Dry
35	1.0	0.2	37.1	9.0
55	1.2	0.3	51.4	13.6
75	1.3	0.3	50.0	13.7



Fig. 2-9-1. Effect of shading rate on the growth of *Erythronium japonicum*

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 목표달성도

구분 (연도)	연구개발의 목표	달성도 (%)	연구개발의 내용
1차년도 (2012)	○ 급속대량생산기술 개발	100	1. 실험재료 : 처너치마, 개느삼 2. 실험내용 1) 삼목배지 : 피트모스, 펄라이트, 버미큘라이트 단용, 혼용 2) 삼목부위 : 잎, 줄기, 뿌리 3) 성장조절제 처리 : NAA, IBA, 등 -> 호르몬의 종류, 농도 실험 4) 삼수의 조제 방법에 따른 처리 : 전체, 1/2, 가로, 세로
2차년도 (2013)	○ 공정묘 생산기술 개발	100	1. 실험재료 : 휴면타과 종자 및 영양번식체 1년차의 휴면타과 종자, 영양번식체 2. 실험내용 1) 육묘시 광도별 실험 : 35, 55, 75% 차광 2) 육묘용 배지 종류별 실험 : 피트모스, 펄라이트, 버미큘라이트 단용, 혼용 3) 육묘시 적정 시비방법 구명 : 시비량 등
3차년도 (2014)	○ 공정묘 생산기술 개발	100	1. 실험재료 : 휴면타과 종자 및 영양번식체 1년차의 휴면타과 종자, 영양번식체 2. 실험내용 1) 육묘시 광도별 실험 : 35, 55, 75% 차광 2) 육묘용 배지 종류별 실험 : 피트모스, 펄라이트, 버미큘라이트 단용, 혼용 3) 육묘시 적정 시비방법 구명 : 시비량 등

제 2 절 관련분야의 기술발전 기여도

1. 활용방안

가. 영농 활용 : 자생식물 육묘시 단기간에 고품질 우량묘 생산이 가능해짐

2. 기대성과

가. 기술적 측면

- (1) 자생식물의 번식 및 육묘기술을 다른 식물의 연구에 활용함.
- (2) 희귀 특산식물 영양번식기술개발
- (3) 플러그 육묘를 통한 공정묘생산기술 개발

나. 경제적·산업적 측면

- (1) 공정묘생산기술 개발을 통해 식물 생산비 절감 및 고품질 우량묘 생산
- (2) 자생식물 재배 농가의 소득 증대
- (3) 자생식물을 이용한 분화용, 정원용 및 조경용 소재로 활용토록 함.
- (4) 재배연한 기간 단축으로 농민들의 생산비절감 및 소득증대

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 1 절 실용화·산업화 계획(기술실시 등)

1. 상품화(0건)
2. 정책자료(0건)
3. 기술실시(0건)

본 연구과제에서는 다양한 종류의 자생식물에 관한 종자휴면 유형과 휴면타파 방법, 번식 및 육묘법에 관한 연구를 수행하였다. 그러나 일부 연구 대상종의 경우 연구에 충분하게 사용할 수 있는 재료를 확보하는 것에 어려움이 있었다(예, 왜미나리아재비, 홀아비바람꽃, 한계령풀 등). 따라서 이러한 희귀 자생식물의 경우 추후에도 지속적 연구가 필요하다고 판단된다. 또한 새로운 연구과제에서는 상업화를 위해서 시장 조사와 경제성 등 구체적인 상업화 전략이 수반되어야 할 것으로 판단된다. 본 연구팀에서는 과제 종료 이후에도 지속적으로 기술교육을 하고 관련 언론에 홍보를 할 계획이다.

제 2 절 교육·지도·홍보 등 기술확산 계획 등

1. 교육지도(0건)
2. 언론홍보(0건)

제 3 절 특허, 품종, 논문 등 지식재산권 확보 계획

1. 특허출원(0건)
2. 논문게재

가. SCI급 논문(0편)

나. 비SCI급 논문(2편)

- (1) Lee, W.H. S.Y. Lee, G.R. Kang, J.H. Kang, T.J. Lee, and K.S. Kim. 2013. The Effect of Leaf Parts and Rooting Media on Propagation of *Heloniopsis koreana* by Leaf Cutting. Flower Res. J. 21:195-198
- (2) Lee, W.H. S.Y. Lee, J.H. Kang, T.J. Lee, and K.S. Kim. 2015. Effect of Fertilizer Levels and Shading Rate on Seeding Growth of *Thalictrum* Species Native to Korea. J. Korean Env. Res. Tech. 18:1~7.

3. 학술발표(0건)

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 처녀치마에 관한 번식 연구는 일본에서 많이 진행되어져 왔는데 Kato and Kawahara(1972)에 의하면 일본 자생 *H. orientalis*의 엽삽 연구에서 잎의 선단부)와 기부에서만 신초가 형성되었는데, 이는 잎의 유관속 조직 내에 있는 생장조절물질이 관여한 것이라 하였다.
2. 처녀치마 관련 해외 연구 중 일본 자생종 *Heloniopsis orientalis*와 *Heloniopsis leucantha*의 엽삽 번식에 관한 연구들(Kato and Kawahara 1972; Kato and Ozawa 1979; Nishida et al. 2009)이 있었으나, 남한 특산종 처녀치마(*Heloniopsis koreana*)의 번식에 관한 구체적인 연구는 전혀 없었다.
3. 헬레보루스는 종자 번식 외에도 분주에 의해 번식이 가능하다. 꽃이 5개에서 10개 정도 달린 묵은 개체를 몇 개로 나누어 심을 수 있다. 너무 오래된 개체는 목질화 되어 분주하기 어렵다.
4. 헬레보루스는 종자 번식 시 채종 후 초여름 전에 바로 파종하는 것이 좋고 파종 후 토양을 말리지 않고 항상 습기가 있도록 유지시켜야 한다. 발아는 보통 이듬해에 하고 발아 후 1 개체씩 옮겨 심는 것이 좋다. 발아 후 개화까지 최소 3년 이상 걸린다.

제 7 장 참고문헌

- Ahn, Y.H. and T.J. Lee. 1997. Encyclopedia of Korean native plants. Tree of Life Press, Seoul, Korea.
- Ball, V. 1991. Ball redbook. Geo. J. Ball Pub. USA.
- Bang, K.J. and J.S. Lee. 1993. Studies on development of native landscape plants for middle area of Korea. J. Kor. Inst. Lands. Arch. 21:63-82.
- Choi, B.J., C.K. Sang, E.J. Choi, and S.A. Noh. 2000. Effect of rooting media on rooting and root growth of rose cuttings. Korean J. Hort. Sci. Technol 18:819-822.
- Chon, Y.S., S.W. Lee, K.J. Jeong, S.H. Ha, J.H. Bae, and J.G. Yun. 2011. Growth and quality affected by light intensity, potting media and fertilization level in potted *Orostachys* 'Nungyu Bawisol'. J. Bio-Environ. Cont. 20:357-364.
- Fuse, S., N.S. Lee, and M.N. Tamura. 2004. Biosystematic studies on the genus *Heloniopsis* (Melanthiaceae) II. Two new species from Korea based on morphological and molecular evidence. Taxon. 53:949-958.
- Huh, K.Y., B.P. Jin, and H.C. Kang. 2014. Effects of shading and pot size on growth of *Aquilegia buergeriana* var. *oxysepala*. J. Kor. Soc. People Plants Environ, 17:125-129.
- Hwang, H.B., J.C. Kim, J.S. Choi, and B.S. Choi. 1995. Influence of shading and polyethylene vinyl mulching on growth and yield of *Cilidium officinale* Makino. Kor. J. Medic. Crop Sci. 3:156-164.
- Hwang, H.S., Y.H. Shin, and S.C. Ko. 2011. Flora of Uiryeng area. Kor. J. Plant Res. 24:76-88.
- Jeon, K.S., K.I. Heo, and S.T. Lee. 2007. Palynological and revisional studies of *Thalictrum* L. in Korea. Kor. J. Plant Taxon. 37:447-476.
- Kato, Y. and N. Ozawa. 1979. Adventitious bud formation on leaf and stem segments of *Heloniopsis orientalis* grown at various temperatures. Plant Cell Physiol. 20:491-497.
- Kato, Y. and S. Kawahara. 1972. Bud formation in leaves, leaf fragments and midrib pieces of *Heloniopsis orientalis* (Liliaceae). Planta. 107:111-120.
- Kim, J.H., Y.H. Kim, C.Y. Yoon, and J.H. Kim. 2008. The flora of Mt. Biseul in Daegu. Kor. J. Env. Eco. 22:481-504.
- Kim, Y.B., Y.H. Hwang, and W.K. Shin. 1999a. Effects of root container size and seedling age on growth and yield of tomato. Hort. Environ. Biotechnol. 40:163-165.
- Kim, Y.S., K.H. Kang, H.T. Shin, and C.K. Kim. 1999b. The flora of Naeyonsan areas, Kyongbuk. Kor. J. Env. Eco. 13:1-16.
- Ko, J.Y., H.J. Kwon, and M.H. An. 2007. Effects of cutting time and plant growth regulators on rooting of *Potentilla fruticosa* L. Korean J. Hort. Sci. Technol. 25:463-467.
- Kreen, S., M. Svensson, and K. Rumpunen. 2002. Rooting of clematis microshoots and stem cuttings in different substrates. Scientia Hort. 96:351-357.
- Lee, A.K. and J.K. Suh. 1997. Effect of media, plant growth regulators, and hot water treatment on rooting of stem and root cuttings in *Ardisia* spp. J. Korean Soc. Hort. Sci. 38:546-550.
- Lee, C.G. 2010. Genetic variations of *Thalictrum coreanum* and *T. ichangense* in Korea. MS Thesis. Hallym Univ., Chuncheon, Korea.
- Lee, I.R. and M.M. Lee. 1982. Studies of chemical constituents of the genus *Thalictrum* in Korea.

- Kor. J. Pharmacog. 13:132-135.
- Lee, J.G. and B.Y. Lee. 2007. Effect of media composition on growth and rooting of highbush blueberry cuttings. Korean J. Hort. Sci. Technol. 25:355-359.
- Lee, S.Y., N.H. Yoon, J.H. Gu, S.J. Jeong, K.J. Kim, J.C. Rhee, T.J. Lee, and J.S. Lee. 2009. Effect of leaf number and rooting media on adventitious rooting of softwood cuttings in native *Hydrangea serrata* for. *acuminata*. Korean J. Hort. Sci. Technol. 27:199-204.
- Nishida, I., T. Takagi, T. Koutaka, H. Yamazaki, and A. Hasegawa. 2009. Effect of temperature on the adventitious bud formation by leaf cutting of *Heloniopsis leucantha*. Acta Hort. 813:593-598.
- Park, J.H. and S.S. Park. 1999. Pharmacognostical studies on the 'Ggeong Yi Da Ri'. Kor. J. Pharmacog. 30:182-191.
- Park, S.J. and S.J. Park. 2008. The morphology of *Thalictrum* L. in Korea. Kor. J. Plant Taxon. 38:433-458.
- Rebeiro, H.M., A.M. Romero, H. Pereira, P. Borges, F. Cabral, and E. Vaconcelos. 2007. Evaluation of a compost obtained from forestry wastes and solid phase of pig slurry and a substrate for seedlings production. Bioresour. Technol. 98:3294-4397.
- Song, K.S., K.S. Jeon, C.H. Kim, J.H. Yoon, Y.B. Park, and J.J. Kim. 2014. Effect of shading level on growth and morphological characteristics of *Ligularia fischeri* seedling. Protected Hort. Plant Factory 23: 88-94.
- Tarrago, J., P. Sansberro, R. Filip, P. Lopez, A. Gonzalez, C. Luna, and L. Mroginski. 2005. Effect of leaf retention and flavonoids on rooting of *Ilex paraguariensis* cuttings. Scientia Hort. 103:479-488.
- Yoo, Y.K. and K.S. Kim. 1997. Effects of plant growth regulators and cutting conditions on rooting of softwood and semihardwood cutting in white forsythia. J. Korean Soc. Hort. Sci. 38:263-271.
- Yun, J.G., J.H. Yang, Y.S. Chae, S.W. Lee, and B.R. Jeong. 2007. Adequate medium and nutrient concentration for production of *Coffea arabica* as a potted plant. Flower Res. J. 15:276-281.
- Yun, S.Y., M.S. Lee, S.C. Lim, and J.D. Shin. 2000. Micropropagation of *Heloniopsis orientalis* (Thunb.) C. Tanaka in vitro. Korean J. Plant Tissue Culture 3:197-202.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 “자생 관상용 춘계단명식물의 대량생산 및 상업화를 위한 재배 기술 개발” 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 “자생 관상용 춘계단명식물의 대량생산 및 상업화를 위한 재배 기술 개발”의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.